



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MOVILIDAD Y LA ACCIDENTALIDAD DE LOS PTW EN BARCELONA EN FUNCIÓN DEL GÉNERO

Treball realitzat per:

MARC FELIP ALEGRET

Dirigit per:

JOSÉ MAGÍN CAMPOS CACHEDA

Grau en:

Enginyeria d'Obres Públiques

Barcelona, 29/09/2019

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

TREBALL FINAL DE GRAU

AGRADECIMIENTOS

Después de cuatro cursos duros e intensos aunque con muchos momentos buenos, con este trabajo pongo fin al grado de Ingeniería de Obras Públicas. Este grado me ha permitido conocer a un gran número de personas maravillosas junto a las cuales he podido crecer enormemente tanto a nivel profesional como personal. No obstante, este trabajo no habría sido posible sin la ayuda, orientación y cooperación de ciertas personas.

Primeramente, tengo mucho que agradecer a mi tutor Dr. José Magín Campos Cacheda por haber aceptado tan generosamente la tutorización y dirección de este trabajo. Así como por haberme facilitado las herramientas y los contactos para su realización.

A la vez, tengo también mucho que agradecer al Dr. Fernando Pérez Díez por su generosa y altruista ayuda durante todo el proceso de elaboración de este estudio. Estudio, que de no ser por su ayuda y guiage, hubiera sido mucho más complicado de llevar a cabo o directamente no se habría hecho. También me gustaría extender este agradecimiento a toda la empresa UPRA S.L.

Debo agradecer también al Doctor en matemáticas de la UPC, José Luis Díaz-Barrero, por su orientación en la parte estadística de este trabajo. Asegurando la buena ejecución estadística en este.

A agradecer también la valiosa ayuda aportada por las diferentes entidades, empresas y personas a las que he acudido, con una especial referencia al diferente personal de la UPC que me ha ayudado y orientando en la realización de este trabajo.

Por último quiero agradecer a todos mis familiares y amigos el gran apoyo prestado así, como su comprensión en todas aquellas ocasiones en que he tenido que priorizar la realización de este trabajo antes que a ellos.

Mi más sincero agradecimiento a todos.

RESUMEN

Los vehículos motorizados de dos ruedas (VM2R) en la terminología anglosajona se definen con el término: “powered two-wheeler” y con el acrónimo PTW. Este acrónimo PTW, comprende a los ciclomotores, motocicletas y otros tipos de vehículos.

Desde finales del siglo XX, la movilidad con vehículos motorizados de dos ruedas ha ido aumentando en todo el mundo, especialmente en entornos urbanos densos como Barcelona. Este incremento del uso de PTW como sistema de transporte, por una parte es gracias a su comportamiento más eficiente en cuanto a tiempo de desplazamiento, posibilidad de estacionar y menor costo. Pero por otra parte, también es debido en gran medida al continuo incremento en la incorporación de las mujeres en el mundo laboral.

Barcelona es la ciudad española líder en el porcentaje de desplazamientos de PTW y, según los datos facilitados por la DGT, también en el porcentaje de mujeres propietarias de PTW (un 27% de propietarias).

Los PTW son menos estables, menos visibles y ofrecen menor protección y confort a los ocupantes. Los usuarios de motocicletas y ciclomotores están expuestos a niveles mayores de siniestrabilidad y, en caso de accidente, la lesividad tiende a ser de mayor gravedad. En comparación con los automóviles, los PTW están involucrados en un mayor porcentaje de accidentes graves y mortales. En Barcelona las motocicletas y ciclomotores representan el 30 % del parque motorizado, mientras que, en el año 2015, pilotos y ocupantes suponían el 52 % de las víctimas mortales y heridos hospitalizados.

Se ha constatado una carencia de estudios sobre la accidentalidad de PTW en relación con el género del conductor. Observando estos datos y siendo los usuarios de PTW uno de los colectivos más vulnerables en el tránsito, resulta de vital importancia para mejorar la seguridad de este tipo de vehículos, hacer un estudio sobre este tema. Por lo tanto, en este trabajo de investigación se estudia el impacto del género en la accidentalidad de los vehículos motorizados de dos ruedas.

En este estudio primeramente, mediante un muestreo se estima la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona. Posteriormente, comparándolo con el porcentaje de propietarios facilitado por la DGT, se verifica que las mujeres recorren menos km que los hombres con PTW en Barcelona.

A continuación, a partir del tratamiento de varias bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona, se estudia si proporcionalmente, con PTW y en Barcelona, tienen más accidentes los hombres o las mujeres, concluyendo que las mujeres tienen un mayor número de accidentes.

Finalmente, también a partir del tratamiento de las bases de datos mencionadas, se estudia si proporcionalmente, con PTW y en Barcelona, son los hombres o las mujeres los que tienen accidentes de mayor gravedad, concluyendo que en este caso, que los hombres tienen proporcionalmente accidentes más graves que las mujeres.

ABSTRACT

Powered two-wheeler (PTW) in Hispanic terminology are defined by the term: "vehículos motorizados de dos ruedas" and with the acronym VM2R. This acronym PTW, includes mopeds, motorcycles and other types of vehicles.

Since the late twentieth century, mobility with two-wheeled motor vehicles has been increasing worldwide, especially in dense urban environments such as Barcelona. This increase in the use of PTW as a transport system, on the one hand, is thanks to its more efficient behavior in terms of travel time, possibility of parking and lower cost. But on the other hand, it is also due in large measure to the continuous increase in the incorporation of women into the labor market.

Barcelona is the leading Spanish city in the percentage of PTW displacements and, according to data provided by the DGT, also in the percentage of women who own PTW (27% of owners).

PTWs are less stable, less visible and offer less protection and comfort to the occupants. Motorcycle and moped users are exposed to higher levels of accidents and, in the event of an accident, the injury tends to be more serious. Compared to cars, PTWs are involved in a higher percentage of serious and fatal accidents. In Barcelona, motorcycles and mopeds represent 30% of the motorized park, while, in 2015, pilots and occupants accounted for 52% of hospitalized fatalities and injuries.

There has been a lack of studies on the accident rate of PTW in relation to the driver's gender. Observing these data and being the users of PTW one of the most vulnerable groups in transit, it is vitally important for better the safety of this type of vehicles, to make a study on this subject. Therefore, in this research work the impact of gender on the accident rate of two-wheeled motor vehicles is studied.

Firstly, in this study, the proportion of PTW / km users is estimated by sampling according to their gender and type (moped or motorcycle) in Barcelona. Subsequently, comparing it with the percentage of owners provided by the DGT, it is verified that women travel less km than men with PTW in Barcelona.

Then, from the treatment of several databases of the Transparency Portal of the Barcelona City Council, it is studied whether proportionally, with PTW and in Barcelona, men or women have more accidents, concluding that women have a greater number of accidents

Finally, also from the treatment of the mentioned databases, it is studied whether proportionally, with PTW and in Barcelona, it is the men or women who have the most serious accidents, concluding that in this case, that men have proportionally accidents more serious than women.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1 Introducción y motivaciones	13
1.2 Objetivos	15
2 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	16
2.1 Estructura del trabajo de investigación	16
2.2 Formulación del objeto de investigación	18
2.2.1 Formulación del objeto de investigación	18
2.2.2 Estado del arte, revisión bibliográfica y contextualización.....	18
2.2.3 Contraste de hipótesis	19
2.2.4 Formulación de hipótesis	21
2.3 Obtención de información	23
2.4 Análisis Exploratorio de Datos (AED)	24
2.4.1 Data visualization.....	24
3 ESTADO DEL ARTE	25
3.1 Tipos de vehículos motorizados de dos ruedas (VM2R o PTW) ...	25
3.1.1 Powered two-wheeler (PTW o VM2R).....	25
3.2 Características de la movilidad de los vehículos motorizados de dos ruedas.....	29
3.2.1 El pilotaje de los vehículos motorizados de dos ruedas (PTW).....	29
3.2.2 Categorías de usuarios	31
3.2.3 Estudio del uso de los PTW	32
3.2.4 El estudio del riesgo en la movilidad de los PTW	33
3.3 Evolución histórica y situación actual de los PTW	37
3.3.1 A nivel mundial	37
3.3.2 A nivel europeo.....	39
3.3.3 A nivel español.....	42
3.3.4 Evolución histórica y situación actual de los PTW en Barcelona	45
3.4 Evolución de la accidentalidad de tránsito en las ciudades	53
3.4.1 Antes de los vehículos de motor de explosión.....	53

3.4.2	El motor de explosión	54
3.4.3	Democratización del uso particular de la movilidad	56
3.5	Participación de la mujer en la movilidad de PTW.....	60
4	ESTIMACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE USUARIOS DE PTW/KM SEGÚN SU GÉNERO Y TIPOLOGÍA (CICLOMOTOR O MOTOCICLETA) EN BARCELONA	63
4.1	Propietarios.....	63
4.2	Diferentes formas de la estimación de la proporción de usuarios de PTW por km según su género y tipología	65
4.2.1	De forma presencial.....	65
4.2.2	Utilizando Google Street View	65
4.2.3	Utilizando Inteligencia Artificial (IA)	66
4.3	Muestreo obtenido utilizando Street View	67
4.4	Verificación de la representatividad del muestreo	70
5	HIPOTESIS 1: CON PTW EN BARCELONA LAS MUJERES RECORREN PROPORCIONALMENTE MENOS DISTANCIA QUE LOS HOMBRES....	74
5.1	Comparación de datos	74
5.2	Contraste de hipótesis	75
5.2.1	Formulación de las hipótesis.....	75
5.2.2	Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 1	75
6	HIPOTESIS 2: EN BARCELONA CON PTW LAS MUJERES TIENEN PROPORCIONALMENTE UN MAYOR NÚMERO DE ACCIDENTES QUE LOS HOMBRES	78
6.1	Obtención de datos.....	78
6.1.1	Estudio 1: Proporción de género de los usuarios de PTW por km y según la tipología de PTW	78
6.1.2	Estudio 2: Proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y que han resultado heridos o muertos	78
6.2	Comparación de datos	80
6.3	Contraste de hipótesis	82

6.3.1	Formulación de las hipótesis	82
6.3.2	Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 2	82
7	HIPOTESIS 3: EN BARCELONA LAS MUJERES TIENEN PROPORCIONALMENTE MENOS ACCIDENTES GRAVES DE PTW QUE LOS HOMBRES	85
7.1	Obtención de datos	85
7.1.1	Estudio 1: Proporción de género de los usuarios de PTW por km y según la tipología de PTW	85
7.1.2	Estudio 3: Proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018, según la gravedad sus lesiones.....	85
7.2	Comparación de datos	88
7.3	Contraste de hipótesis	90
7.3.1	Formulación de las hipótesis.....	90
7.3.2	Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 1	91
7.4	Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género	94
8	CONCLUSIONES	97
8.1	Estimación de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona	98
8.2	Verificar la hipótesis 1: las mujeres en Barcelona y con PTW, recorren proporcionalmente menos km que los hombres.	99
8.3	Verificar la hipótesis 2: las mujeres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.....	100
8.4	Verificar hipótesis 3: los hombres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente más accidentes graves que las mujeres.....	102
9	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	105
10	REFERENCIAS	106

11 ANEXOS.....	113
11.1 Tabla de distribución normal.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Desarrollo de la investigación.....	16
Figura 2-2: Etapas de un proceso de inferencia estadística	19
Figura 3-1: Clasificación de los PTW	25
Figura 3-2: Clasificación de los PTW	28
Figura 3-3: Relación entre velocidad y maniobrabilidad	30
Figura 3-4: Evolución parque de PTW en la UE + Suiza y Noruega	40
Figura 3-5: Vehículos motorizados de dos ruedas por 1000 habitantes	41
Figura 3-6: Evolución de PTW en diferentes países europeos.....	42
Figura 3-7: Evolución anual del número de motocicletas matriculadas	43
Figura 3-8: Evolución de la matriculación anual de vehículos (automóviles y motocicletas).....	44
Figura 3-9: Evolución en España de los PTW/1000 habitantes.....	44
Figura 3-10: Evolución de los PTW por 1.000 habitantes en Barcelona.....	45
Figura 3-11: Evolución de vehículos por 1.000 habitantes en Barcelona.....	46
Figura 3-12: Evolución del número de automóviles y PTW en la ciudad de Barcelona	47
Figura 3-13: Evolución del número de automóviles y PTW (% año base 1996)	47
Figura 3-14: Reparto de vehículos motorizados en Barcelona. (% automóviles-PTW)..	48
Figura 3-15: Evolución número de motoristas fallecidos en la ciudad de Barcelona	52
Figura 3-16: Primer accidente de tránsito por colisión	55
Figura 3-17: Evolución del número de muertes por accidentes de tráfico en España entre el 1980 y 1998	57
Figura 3-18: Tasas de mortalidad por traumatismo causado por accidente de tráfico (por 100.000 habitantes, por región de la OMS, 2002)	59
Figura 3-19: Porcentaje de PTWs cuyo titular es una mujer, por ciudades.	61
Figura 3-20: Porcentaje de mujeres del total de la población activa.....	62
Figura 4-1: Porcentaje de PTWs cuyo titular es una mujer, por ciudades	63
Figura 4-2: Ejemplo de las capturas de pantalla de diferentes muestras del estudio facilitado por UPRA S.L.....	68
Figura 4-3: Evolución del margen de error para diferentes tamaños de muestra.	73
Figura 4-4: Evolución de la muestra necesaria para diferentes márgenes de error.	73
Figura 7-1: Grafico de diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: % Tiempo dedicado al ocio entre personas entre 15-64 años	32
Tabla 3-2: Evolución del número de usuarios de PTW en los países de la OCDE.	38
Tabla 3-3: % PTW en relación con el número de vehículos motorizados.	49
Tabla 3-4: Reparto de los vehículos motorizados no comerciales en %	50
Tabla 3-5: Desplazamientos diarios en PTW por motivo trabajo.....	50
Tabla 4-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.	68
Tabla 4-2: Porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW.....	69
Tabla 4-3: Valor de z en función del nivel de confianza.	72
Tabla 5-1: Diferencia entre el porcentaje de usuario/km y propietarios.....	74
Tabla 5-2: Tipos de error de un contraste de hipótesis.....	76
Tabla 6-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.	78
Tabla 6-2: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.	79
Tabla 6-3: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.	79
Tabla 6-4: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para ciclomotores.....	81
Tabla 6-5: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para motocicletas.....	81
Tabla 6-6: Tipos de error de un contraste de hipótesis.....	83
Tabla 7-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.	85
Tabla 7-2: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.	87
Tabla 7-3: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.	87
Tabla 7-4: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para ciclomotores.....	88
Tabla 7-5: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para motocicletas.....	89
Tabla 7-6: Tipos de error de un contraste de hipótesis.....	91
Tabla 7-7: Tamaño de muestra mínimo “n” para rechazar H0 con NC=95% p=80%, según tipo PTW y gravedad de lesión.....	92

Tabla 7-8: Tamaño de muestra mínimo “n” para rechazar H0 con NC=95% p=80%, según tipo PTW y gravedad de lesión.....	94
Tabla 7-9: Tamaño de muestra mínimo “n” para rechazar H0 con NC=95% p=80%, según tipo PTW y gravedad de lesión.....	94
Tabla 7-10: Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género en ciclomotor.	95
Tabla 7-11: Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género en motocicleta.	95
Tabla 8-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.	98
Tabla 8-2: Porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW.....	98
Tabla 8-3: Diferencia entre el porcentaje de usuario/km y propietarios.....	99
Tabla 8-4: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.	100
Tabla 8-5: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.	100
Tabla 8-6: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para ciclomotores.....	101
Tabla 8-7: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para motocicletas.....	101
Tabla 8-8: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.	102
Tabla 8-9: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.	103
Tabla 8-10: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para ciclomotores.....	103
Tabla 8-11: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para motocicletas.....	104

1 Introducción y objetivos

1.1 Introducción y motivaciones

La movilidad y el transporte favorecen el bienestar de los individuos, la prosperidad y el crecimiento socio-económico. El sector del transporte es un componente básico de la sociedad que permite el desplazamiento de personas y mercancías. Las mejoras en el conocimiento del comportamiento de la movilidad pueden servir para avanzar en la mejora de la prosperidad global.

Barcelona es una ciudad compacta. En sus menos de 10km² viven un millón seiscientos veinte mil habitantes (en 2018), lo que constituye posiblemente la mayor densidad de una ciudad occidental. Esta elevada densidad unida a su gran atracción, generan una gran cantidad de desplazamientos en un espacio viario cada vez más reducido (en los 10 últimos años ha disminuido en un 10 % la superficie asfaltada) y especializado (las vías se reparten en zonas de estacionamiento regulado, carriles bus, bici, carga y descarga, estacionamiento para motos, estaciones bicing, zonas de tránsito restringido, etc.).

A pesar de su elevada densidad, Barcelona no encabeza los rankings de congestión de zonas urbanas europeas. De acuerdo con Inrix (2015), el tiempo medio perdido en atascos durante el año 2015 fue de 28 horas, muy por debajo de Londres (101 h.), Stuttgart (73 h.), Amberes y Colonia (71 h.). De modo similar, Barcelona aparece en el puesto 43 de la lista de ciudades congestionadas, con un tiempo extra de desplazamiento del 28% en comparación con una situación de circulación sin congestión (free flow); de acuerdo con Tom Tom (2015), se trata de niveles alejados de grandes ciudades europeas como Moscú (54 %), Bucarest (43 %) y Dublín (40 %).

El hecho que a pesar de la elevada densidad y el número de viajes, Barcelona no sufra mayores niveles de congestión en el tránsito se explica, en parte, por el elevado número de desplazamientos en vehículos motorizados de dos ruedas: el 39,4% de los desplazamientos internos, con origen y destino en la ciudad (ATM.EMEF, 2015), y el 26% del total de desplazamientos (internos y externos) en vehículos motorizados privados (Ajuntament de Barcelona, 2016).

Los vehículos motorizados de dos ruedas (VM2R) en la terminología anglosajona se definen con el término: “powered two-wheeler” y con el acrónimo PTW. Este acrónimo PTW, comprende a los ciclomotores (mopeds), motocicletas (motorcycles) y otros tipos de vehículos. No obstante, en este estudio debido a la poca relevancia actual de estos otros tipos de PTW en la ciudad de Barcelona, al usar el acrónimo PTW solo se hará referencia a ciclomotores y motocicletas.

Desde finales del siglo XX, la movilidad con vehículos motorizados de dos ruedas ha ido aumentando en todo el mundo, especialmente en entornos urbanos densos como Barcelona. Actualmente en el mundo hay alrededor de 313 millones de PTW y el mayor porcentaje mundial del parque de PTW está concentrado en los países asiáticos.

Este incremento del uso de PTW como sistema de transporte, por una parte es gracias a su comportamiento más eficiente en cuanto a tiempo de desplazamiento, posibilidad de estacionar y menor costo, contribuyendo en parte a aliviar la congestión y la contaminación (Rogers, 2008; Jamson y Chorlton, 2009; Kopp, 2011; McCartt, et al. 2011; Haworth, 2012, entre otros). Por otra parte, también es debido en gran medida al continuo incremento de la incorporación de las mujeres en el mundo laboral (Pérez, 2018). Barcelona es la ciudad española líder en porcentaje de mujeres propietarias según los datos facilitados por la DGT (un 27% de propietarias mientras que, por ejemplo Madrid, apenas tiene un 14%).

Como factor negativo, respecto a los automóviles los PTW son menos estables, menos visibles y ofrecen menor protección y confort a los ocupantes. Los usuarios de motocicletas y ciclomotores están expuestos a niveles mayores de siniestrabilidad y, en caso de accidente, la lesividad tiende a ser de mayor gravedad. En comparación con los automóviles, los PTW están involucrados en un mayor porcentaje de accidentes graves y mortales (Carré, y Filou, 1995; ETSC, 2007; Johnson, et al. 2008; Moskal, 2009; ONISR, 2012; Elliott et al. 2007; Albalade, y Fernández-Villadangos, 2010).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2015 los usuarios de PTW representaron el 23 % de las víctimas mortales ocasionadas por accidentes de tránsito en el mundo. En Europa representaron el 9 % de las víctimas mortales. En España también se ha constatado el incremento de la siniestralidad, de manera que los motoristas fallecidos han pasado de representar el 8 % en 2004 al 18% en 2016. En Barcelona las motocicletas y los ciclomotores representan el 30 % del parque motorizado, mientras que, en el año 2015, pilotos y ocupantes suponían el 52 % de las víctimas mortales y de heridos hospitalizados.

Se ha constatado una carencia de estudios sobre la accidentalidad de PTW en relación con el género del conductor. Observando estos datos y siendo los usuarios de PTW uno de los colectivos más vulnerables en el tránsito, resulta de vital importancia para mejorar la seguridad de este tipo de vehículos, hacer un estudio sobre este tema.

Por lo tanto, la justificación del presente trabajo de investigación viene determinada por la constatación de la existencia de un déficit de conocimiento sobre el impacto del género en la accidentalidad de los vehículos motorizados de dos ruedas.

La elección de Barcelona como ubicación del estudio es debido al gran aumento de la accidentalidad de PTW en esta ciudad, al alto porcentaje de desplazamiento de PTW de ésta (ciudad con mayor porcentaje de PTW en España), así como por el hecho de ser la ciudad española con mayor porcentaje de propietarias (un 27 %).

1.2 Objetivos

Como se explica en el apartado anterior:

- Se observa un gran incremento del uso de los PTW, motivado en gran medida por el continuo incremento de la incorporación de la mujer en el mundo laboral.
- La accidentalidad en PTW es muy alta y por el tipo de vehículo la lesividad tiende a ser de mucha mayor gravedad que en automóviles.
- Barcelona es la ciudad española con mayor porcentaje de desplazamientos en PTW. Casi un 40 % de sus desplazamientos internos y un 26 % en total (internos y externos) son con PTW. A la vez, también es la ciudad española líder en porcentaje de mujeres propietarias (un 27 %).

Observando estos datos y siendo los usuarios de PTW uno de los colectivos más vulnerables en el tránsito, resulta de vital importancia para mejorar la seguridad de este tipo de vehículos, hacer un estudio sobre este tema.

Para realizar este estudio, se plantean estos 4 principales objetivos:

1. Estimación de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona.
2. Verificar la hipótesis 1: las mujeres recorren proporcionalmente menos km que los hombres.
3. Verificar la hipótesis 2: las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.
4. Verificar hipótesis 3: los hombres tienen proporcionalmente más accidentes graves que las mujeres.

El primer objetivo, aparte de para entender mejor la proporción según el género en la movilidad de los PTW en Barcelona, es necesario para poder resolver los siguientes 3 objetivos.

2 Metodología de estudio

2.1 Estructura del trabajo de investigación

En este capítulo se explica la metodología a emplear y el proceso de investigación a desarrollar con el fin de conseguir los objetivos formulados.

En términos globales, el proceso de investigación se ajusta al siguiente desarrollo:

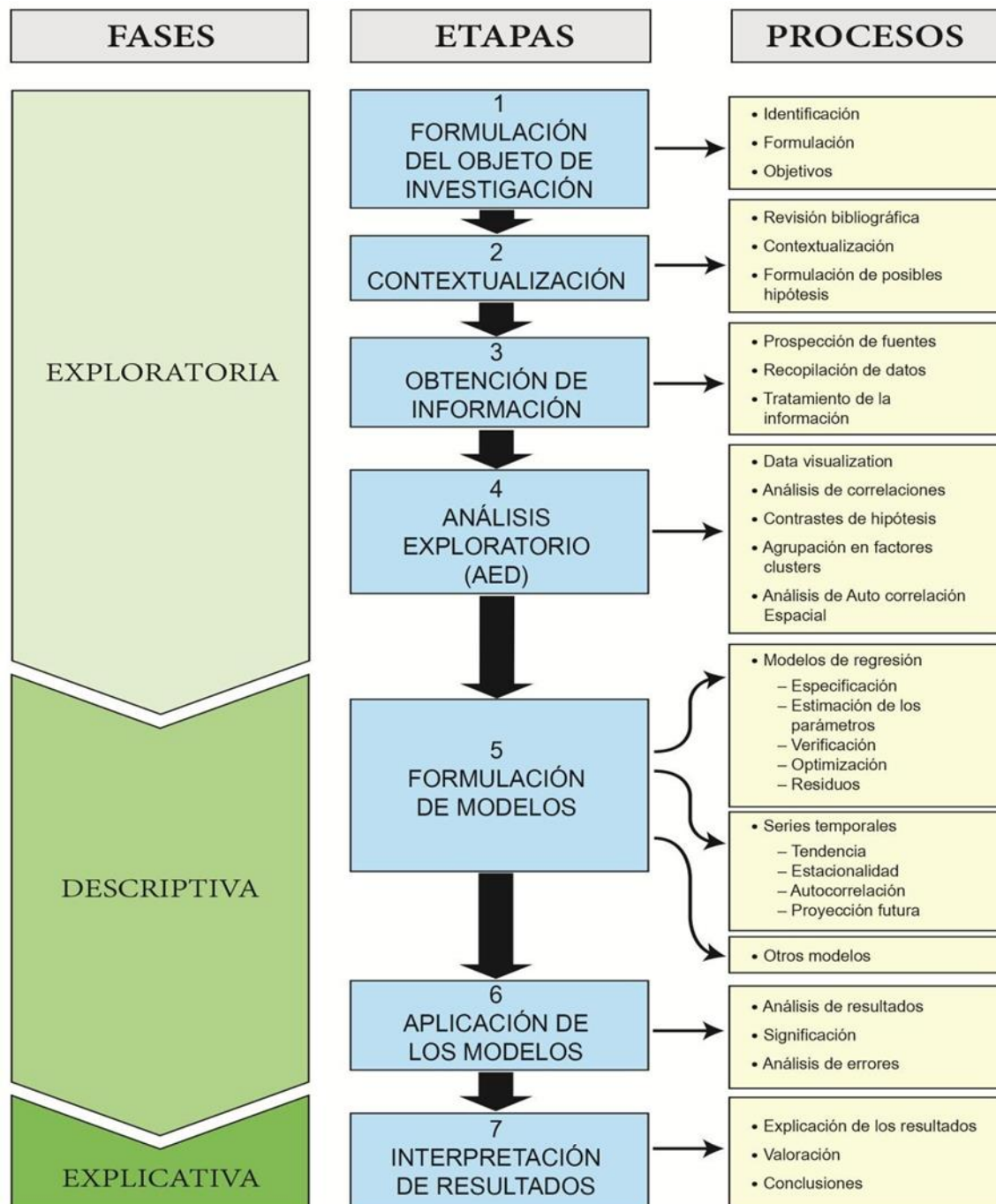


Figura 2-1: Desarrollo de la investigación

Fuente: "Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona" de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

El diseño de un estudio determina las conclusiones que se pueden extraer de él y debe buscar un equilibrio entre lo deseable y lo factible. Al orientar una investigación se están tomando decisiones epistemológicas y metodológicas que condicionan los resultados (Popper, K. 1934).

Todo trabajo de investigación parte de la formulación de un problema objeto de estudio y pretende conseguir unos resultados y unas conclusiones explicativas. El proceso de investigación se estructura en diferentes fases secuenciadas que constituyen un conjunto de actividades orientadas a progresar en el conocimiento, para llegar a poder cubrir todas las etapas que culminan con la formulación de unas conclusiones.

Al orientar una investigación se están tomando decisiones epistemológicas y metodológicas que condicionan los resultados (Popper, 1934). Conforme avanza la investigación se pueden alcanzar diferentes ámbitos, dependiendo de los objetivos, la información disponible y los resultados, desarrollando distintas clases de investigación, como son: exploratoria, descriptiva y explicativa (Sellitz et al. 1959).

La metodología a seguir se inicia con la determinación del ámbito de la investigación en términos concretos con el fin de formular de la investigación. Una vez formulados estos objetivos, el siguiente paso es contextualizar el fenómeno y proceder a la formulación de posibles hipótesis. Seguidamente se debe obtener la información de base, identificando las fuentes relevantes y obteniendo datos. La fase final de la investigación concluye con la interpretación de los resultados y la elaboración de unas conclusiones.

El trabajo de investigación es un proceso iterativo y circular, de manera que una vez completada la investigación y obtenidos los resultados, éstos pasan a enriquecer el sistema de investigación, retroalimentándolo y posibilitando definir nuevos objetivos de investigación más afinados. Diversos autores han identificado el “carácter circular” del proceso de investigación (Patten, y Newhart, 1997).

2.2 Formulación del objeto de investigación

2.2.1 Formulación del objeto de investigación

En las últimas décadas se ha constatado como se ha producido un incremento en el uso de vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona, y como en dicha ciudad existe un uso significativamente mayor de dicho tipo de vehículos respecto al resto de ciudades españolas. El 29 % de los vehículos motorizados censados en la ciudad de Barcelona son motocicletas y ciclomotores (PTWs) (Pérez, 2018).

Entre otros factores, este incremento del uso de vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona es debido al incremento de la participación de la mujer en la movilidad en modos mecánicos. Tradicionalmente los PTWs tendían a ser más utilizados por los hombres que por las mujeres. Conforme avanza la sociedad y aumenta la participación de la mujer en el mercado laboral, se produce un aumento de la movilidad por motivos de trabajo por parte de las mujeres. En entornos urbanos densos el uso de PTWs es una opción en aumento por parte de las mujeres trabajadoras para sus demandas de movilidad, factor que presiona a favor del aumento de los desplazamientos en PTWs. Se ha verificado una correlación significativa entre mujeres propietarias de PTWs y su número por ciudades (Perez, 2018).

Por lo tanto, la mujer tiene una gran importancia en el sistema de movilidad de PTW actual y, sin embargo, existe una gran carencia en el conocimiento de la accidentalidad de vehículos motorizados de dos ruedas en relación con el género del conductor. Por lo tanto este estudio parte con la premisa de intentar solventar esta carencia de conocimiento.

En aras de conseguir un mejor resultado, este estudio se llevará a cabo en Barcelona, la ciudad emblemática de España con referencia a al incremento del uso de PTW por parte de las mujeres

2.2.2 Estado del arte, revisión bibliográfica y contextualización

Toda investigación requiere de entrada una revisión de la información existente relativa al ámbito de estudio y el conocimiento de la literatura científica en la materia, con objeto de contextualizar el problema de investigación a partir de la perspectiva teórica. Es necesario proceder a la identificación, consulta y obtención de información y referencias, así como el resto de material de potencial utilidad para contextualizar la materia y el objeto de estudio, a partir de los cuales ubicar el objeto de la investigación.

La puesta en común de la perspectiva teórica se basa en el análisis del conocimiento existente relativo al objeto de estudio, partiendo de la identificación y el estudio de los antecedentes e investigaciones previas. De este modo es posible contextualizar el objeto de estudio en el marco teórico, posibilitando la sustentación de teorías a

plantear. A su vez facilita el conocimiento de los ámbitos principales y más habituales de estudio y las motivaciones.

2.2.3 Contraste de hipótesis

Al proceso que hay que efectuar para validar los resultados obtenidos en la investigación se le denomina test de inferencia estadística. Las etapas de este proceso son:

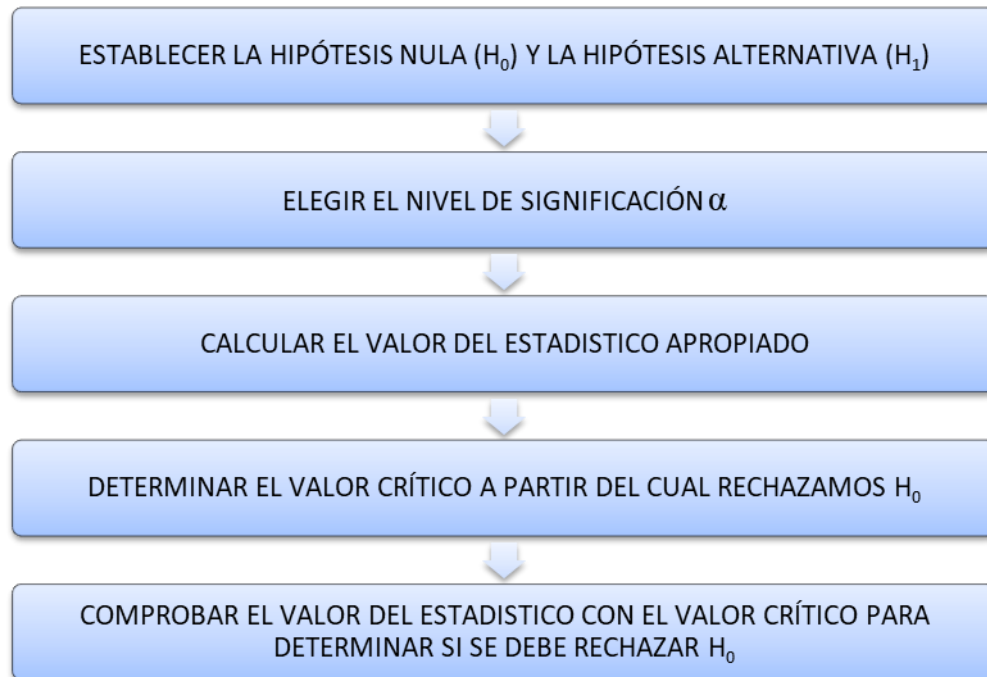


Figura 2-2: Etapas de un proceso de inferencia estadística.

Fuente: Elaboración propia

Etapas 1: Establecer la hipótesis nula H₀ y la hipótesis alternativa H₁

En un test de inferencia estadística, la primera etapa consiste en formular dos hipótesis, que son las que habrá que contrastar en la aplicación del test, y que se denominan: hipótesis nula (H₀) e hipótesis alternativa (H₁).

La hipótesis nula (H₀) y la hipótesis alternativa (H₁) tienen que ser opuestas.

Si después de la aplicación del test se llega a la conclusión de que hay que rechazar la hipótesis nula H₀, esto supone automáticamente que se está aceptando la hipótesis alternativa H₁.

Si después de la aplicación del test de inferencia estadística se rechaza la hipótesis nula, se aceptará la hipótesis alternativa.

Etapla 2: Elegir un nivel de significación α

La decisión a la que se llega después de haber finalizado el test de inferencia estadística siempre lleva asociados dos tipos de error.

El error tipo I se comete cuando se rechaza la hipótesis nula siendo ésta, en realidad, verdadera.

El error tipo II se comete cuando se acepta la hipótesis nula siendo ésta, en realidad, falsa.

Cada uno de estos dos tipos de errores conllevan un determinado riesgo.

La probabilidad de cometer un error de tipo I viene representado por α y se denomina nivel de significación.

La probabilidad de cometer un error de tipo II se llama riesgo β .

Etapla 3: Calcular el valor del estadístico apropiado para testear H_0

Para testar si se debe rechazar la hipótesis nula, es necesario utilizar una fórmula de cálculo que sea la apropiada al tipo de hipótesis que hemos planteado y al tipo de valor que estamos sometiendo a test.

Etapla 4: Determinar el valor crítico a partir del cual rechazamos H_0 (zona de rechazo)

El valor crítico es aquel que divide a la distribución en dos áreas o zonas;

Zona de rechazo de H_0 , esto es, la zona de la distribución del estadístico en la que corresponde rechazar la hipótesis nula.

Zona de aceptación de H_0 esto es, la zona de la distribución del estadístico en la que corresponde aceptar la hipótesis nula.

El valor crítico se obtiene a partir de la distribución del estadístico que se esté utilizando.

Etapla 5: Comparar el valor del estadístico con el valor crítico para determinar si debemos o no rechazar H_0 con el nivel de significación especificado.

Si el valor del estadístico es superior, en valores absolutos, al valor crítico, es decir si se sitúa en la zona de rechazo de H_0 , debemos rechazar H_0 . Al contrario, si el valor del estadístico es inferior en valores absolutos al valor crítico, es decir si se sitúa en la zona de aceptación de H_0 , no podemos rechazar H_0 con el nivel de significación especificado.

2.2.4 Formulación de hipótesis

Una vez se ha definido el objeto de investigación, analizada la documentación científica existente y contextualizándola, se está en condiciones de avanzar por la fase exploratoria de la investigación. Para ello la formulación de hipótesis de partida a verificar permite acotar el fenómeno de investigación estudiado, definiendo el alcance de la investigación.

Es factible formular hipótesis a verificar y probar hipótesis más o menos definidas, así como incluso planteamientos genéricos. La verificación de las posibles hipótesis determina el carácter tentativo de la investigación y el alcance de los posibles resultados.

El conocimiento en profundidad de la materia objeto de análisis, a partir del estudio bibliográfico, unido a las fuentes de información y variables de partida, contribuye a perfilar la formulación de las posibles hipótesis.

Este estudio se propone incrementar el conocimiento de la accidentalidad de vehículos motorizados de dos ruedas en relación con el género del conductor y la tipología de vehículo motorizado de dos ruedas.

Para ello, se plantean estos 4 principales objetivos:

1. Estudiar la proporción de usuarios por km de PTW real en función del género y de la tipología de PTW (la tipología en este estudio se dividirá en ciclomotores y motocicletas). También se comparará con la proporción de propietarios.
2. Verificar la hipótesis 1: las mujeres recorren proporcionalmente menos km que los hombres.
3. Verificar la hipótesis 2: las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.
4. Verificar hipótesis 3: los hombres tienen proporcionalmente más accidentes graves que las mujeres.

Por lo tanto habrá que realizar un contraste de hipótesis para los puntos 2, 3 y 4, es decir para ver si se verifican o no las tres hipótesis planteadas. Estas tres hipótesis planteadas se verificarán, siempre y cuando en el contraste se rechace H_0 .

H_0 viene a indicar que entre ambos sexos no hay diferencia entre la característica a estudiar. Es decir que las hipótesis planteadas son falsas y por este motivo si no se rechaza H_0 , no se podrán verificar estas 3 hipótesis.

2.2.4.1 Hipótesis 1: Las mujeres recorren proporcionalmente menos km que los hombres

Se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(0) < P(1)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(1)$ la proporción de mujeres propietarias de PTW y $P(0)$ la proporción de usuarias/km de PTW.

2.2.4.2 Hipótesis 2: Las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres

Se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(0) > P(1)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(0)$ la proporción conductoras implicadas en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionadas o muertas en el accidente y $P(1)$ la proporción de usuarias/km de PTW.

2.2.4.3 Hipótesis 3: Las mujeres tienen proporcionalmente menos accidentes graves que los hombres

Se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(1) < P(0), o P(1) > P(0)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(0)$ la proporción conductoras implicadas en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionadas o muertas en el accidente (resultados estudio 3) y $P(1)$ el porcentaje de usuarias/km de PTW.

2.3 Obtención de información

Tanto para estudiar la proporción real de usuarios de cada genero por km y en función del tipo de PTW, como para verificar las dos hipótesis que se han planteado, es necesario disponer de la mayor cantidad posible de datos de partida, los más variados, desagregados y fiables posible. A partir de una amplia variedad de datos que a priori puedan tener alguna vinculación directa o indirecta con el fenómeno, será posible explicar lo más fidedignamente posible su comportamiento.

Un factor relevante en una tesis es el de poder disponer de información novedosa que permita realizar aportaciones originales. En esta tesis se ha hecho un esfuerzo en la búsqueda de fuentes de información y en la recopilación de datos no evidentes, así como en el tratamiento de datos, con el fin de incorporar datos originales que incrementen el componente de investigación del estudio.

Para ello, en esta tesis, para el primer objetivo y también verificar la hipótesis 1, se ha conseguido una base de datos (recién elaborada) de 453 PTW para así poder estudiar la proporción real de usuarios de cada genero por km y en función del tipo de PTW.

Por otro lado, para verificar las hipótesis 2 y 3 planteadas, se han conseguido a partir varias bases de datos de los últimos 5 años (2014-2018) del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona. En total se han tratado más de 5 millones de datos (Big Data).

Se ha realizado un amplio trabajo de búsqueda bibliográfica y se han consultado una gran cantidad de documentos, por lo que la tesis tiene un elevado número de referencias.

La tesis se abastece de una gran variedad de fuentes. Se han empleado datos de organismos e instituciones públicas y privadas. Los datos públicos más relevantes proceden del Portal de Transparencia del Ajuntament de Barcelona.

No obstante, otra fuente interesante de datos ha sido la obtenida mediante una solicitud al Departamento de Estadística de la Jefatura Provincial de Tráfico de Barcelona de la DGT, pudiendo obtener así, documentación histórica del número de vehículos motorizados de dos ruedas y el porcentaje de genero de propietarios de PTW en Barcelona (27% mujeres y 73% hombres), así como el porcentaje de las demás ciudades y el general de España. Más precisamente la DGT ha facilitado para este estudio una base de datos con más de setecientos cincuenta mil registros, con datos de motocicletas y ciclomotores por municipios y provincias de España relativos a marcas, cilindrada, año de matriculación, antigüedad del vehículo, género del propietario y rango de edad.

2.4 Análisis Exploratorio de Datos (AED)

La investigación exploratoria tiene por objeto ayudar a que el investigador identifique las variables más importantes, reconozca otros cursos de acción, proponga pistas idóneas para trabajos posteriores, así como ayudar a puntualizar sobre las posibilidades que tienen la máxima prioridad; de esta forma se puede obtener una información general, global, que permita poder abrir vías más concretas de investigación.

Existe una variada taxonomía de las diferentes perspectivas y técnicas del análisis exploratorio. El análisis exploratorio de datos (AED) es una metodología estadística para estudiar patrones y asociaciones de datos, compuesta por métodos estadísticos que se utilizan con el fin de descubrir patrones de comportamiento en los datos y sugerir hipótesis imponiendo la menor estructura posible a priori. Mediante estas técnicas se pretende identificar pautas potencialmente explicativas (Tukey, 1977).

Identificadas las variables potencialmente explicativas, se procede a agrupar aquellas que expliquen conceptos similares o que ayuden a explicar un mismo concepto (análisis de componentes principales); o bien a agrupar observaciones con características similares (análisis cluster). Las variables utilizadas pueden ser métricas (numéricas discretas o continuas, procedentes de escalas de Likert) o cualitativas (ordinales, categóricas o dicotómicas).

2.4.1 Data visualization

Una vez recopilada la mayor cantidad de variables susceptibles de tener cierto grado de vinculación con el fenómeno, se procederá a filtrar las variables según criterios basados en la idoneidad para ser utilizadas en el estudio.

Una técnica exploratoria inicial de carácter prospectivo es la representación gráfica de los datos y sus relaciones, con el fin de investigar de un modo sinóptico posibles análisis de dependencia. El tratamiento gráfico es una herramienta de partida en el proceso de análisis, previo a aplicar técnicas posteriores, como son la elaboración de modelos predictivos y/o explicativos, regresiones, clasificaciones y agrupaciones.

Existen diferentes softwares libres y comerciales que permiten un tratamiento visual de los datos (Tableau, SPSS, Minitab, Stata, Statgraphics, DJ3...) (Dirksen, 2017; Fisher y Meyer, 2018). El tratamiento gráfico de los datos posibilita, tanto en la fase exploratoria, como en la de presentación de resultados, mostrar relaciones entre variables, de manera que se pueden observar visualmente relaciones de dependencia, proximidad o distancia de los datos, agrupaciones de resultados, tendencias, series, nubes de puntos.

3 Estado del arte

3.1 Tipos de vehículos motorizados de dos ruedas (VM2R o PTW)

3.1.1 Powered two-wheeler (PTW o VM2R)

Los vehículos motorizados con dos ruedas (VM2R) en la terminología anglosajona se definen con el término: “powered two-wheeler” y con el acrónimo PTW. Los franceses los denominan deux-roues motorisés (2RM). Los PTW comprenden a los ciclomotores (mopeds); motocicletas (motorcycles); cuatriciclos ligeros (Quads); bicicletas motorizadas (mofas) que también incluye a las bicicletas eléctricas, excluyendo a las bicicletas con pedalada asistida y a los vehículos carrozados sobre una base de cualquiera de los anteriores vehículos (scooters, motorinos, etc.) En términos globales, los PTW incorporan la clasificación recogida en la normativa europea (Council Directive 92/61 EC).

Para poder identificar el colectivo de usuarios de vehículos a motor de dos ruedas en la ciudad de Barcelona, previamente es necesario identificar y clasificar la gran variedad de vehículos a motor de estas características.

Como se observa el termino PTW engloba una gran cantidad de vehículos motorizados. No obstante, en este estudio debido a las características claramente diferenciadas entre unos y otros y la poca relevancia actual de muchos de estos tipos de PTW, en este estudio solo se tendrán en consideración las siguientes dos categorías: ciclomotores y motocicletas.

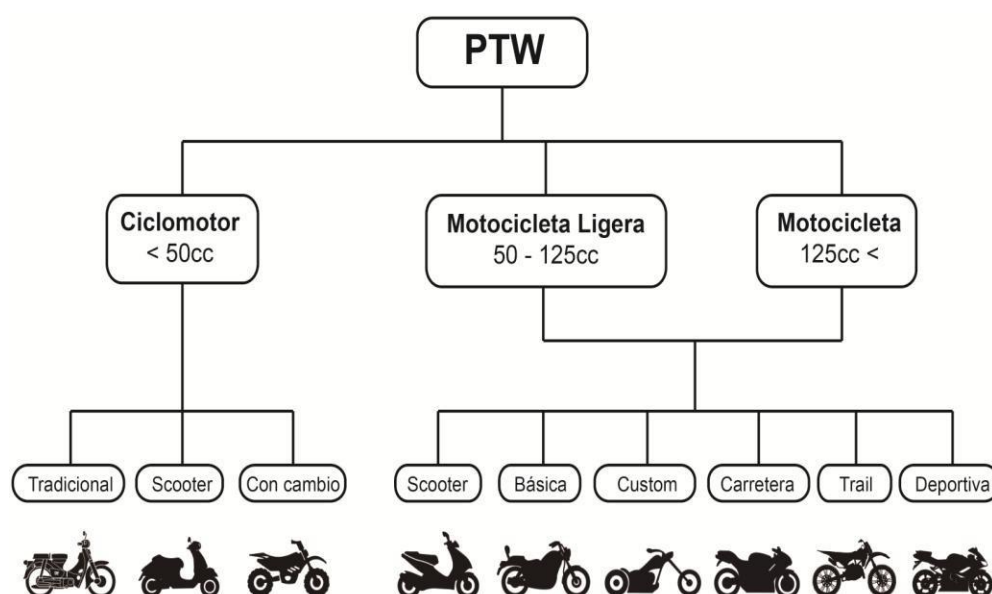


Figura 3-1: Clasificación de los PTW
Fuente: OCDE-OECD 2015

3.1.1.1 Ciclomotores

El concepto clásico de ciclomotor se ajusta a la etimología de las palabras que componen el término:

- Por “*ciclo*” se entiende un vehículo con dos ruedas que es propulsado mediante el esfuerzo muscular de personas por un mecanismo de transmisión de movimiento, como pueden ser manivelas o pedales.
- Por “*motor*” se entiende una máquina de transformación de energía en energía mecánica.

Los ciclomotores son vehículos diseñados específicamente para circular en entornos urbanos. Sus pequeñas dimensiones facilitan la maniobrabilidad del vehículo y la movilidad a través de pequeños espacios y carreteras congestionadas. El ciclomotor es un vehículo ampliamente utilizado por conductores jóvenes y, por lo tanto, conductores nuevos y con poca experiencia en la conducción. El "Reglamento General de Circulación" restringe el movimiento de los ciclomotores en entornos interurbanos, determinando reglas específicas que *“en el caso de que no exista vía o parte de la misma que les esté especialmente destinada, circularán por el arcén de su derecha, si fuera transitable y suficiente para cada uno de éstos y, si no lo fuera, utilizarán la parte imprescindible de la calzada (...).”*(art.36).

3.1.1.2 Motocicletas

La categoría de motocicletas se divide en los grupos establecidos por el RACC en su “Encuesta sobre la accidentalidad de las motociclistas” y en función de su potencia (RACC-Honda. 2013) (Figuras 3-1 y 3-2).

- **Motocicleta Naked:** Es una motocicleta deportiva que no incorpora un carenado delantero, lo que expone al conductor al contacto con el aire. Al no incorporar el carenado delantero, se reduce la aerodinámica del vehículo, aunque produce una sensación de mayor contacto con el medio ambiente.
- **Motocicleta Scooter:** Es un tipo de motocicleta destinada a un entorno urbano e interurbano. Sus pequeñas dimensiones le dan una buena maniobrabilidad dentro de la ciudad, mientras que su potencia permite su circulación a través del área interurbana, así como en autovías o autopistas.
- **Motocicleta Sport Touring:** Son vehículos clasificados en la categoría de motocicletas deportivas destinadas a viajes de larga distancia. Tiene un carenado delantero que permite el acoplamiento del piloto dentro del carenado, mejorando la aerodinámica y reduciendo la fricción con el aire.
- **Motocicleta Cruisers.** Motocicletas grandes con estilo clásico, con asiento bajo y manillar alto que confieren una posición de conducción con las extremidades hacia

adelante y la espalda extendida, para adoptar una posición de conducción cómoda (representan aproximadamente el 60 por ciento del mercado estadounidense).

- **Motocicleta Touring:** Motocicletas de gran potencia y peso, diseñadas para viajes de larga distancia. El carenado frontal con visera permite una posición vertical del cuerpo del piloto. Está equipado con un depósito de gran capacidad y cofres para llevar el equipaje. Motocicleta diseñada para tener una conducción estable y cómoda, con amplio asiento para el conductor y el pasajero.
- **Motocicleta Trail (off-road), dual-purpose (Doble uso).** Son vehículos para conducir en carreteras de asfalto, así como en secciones fuera de carretera. Cubren un amplio espectro de motocicletas híbridas entre vehículos de carretera y todo terreno. Son vehículos que permiten circular con garantías de reprise y estabilidad en el asfalto y tienen buenas características para circular en carreteras sin pavimentar. Vehículo con elementos de carenado, con suspensiones de larga distancia y sistemas de amortiguación adaptados para el paso por secciones irregulares.
- **Motocicletas Sport:** Es un tipo de motocicleta destinada a la conducción deportiva, la ubicación retrasada de los estribos permite adoptar una posición del conductor junto con la motocicleta mejorando la aerodinámica, reduciendo la fricción del aire y facilitando una conducción más agresiva. Los motores con alto rendimiento de repetición y aceleración y sistemas de frenado robustos sacrifican la comodidad, el consumo e incluso la seguridad para aumentar el rendimiento.
- **Motocicleta off-road:** Motocicletas diseñadas para conducir por áreas sin pavimentar. Existe una amplia variedad de modelos según el tipo de conducción y el entorno, así como una amplia variedad de disciplinas de motocicletas, entre otras: Moto-cross, Trial y Enduro.
- **Motocicletas Custom:** Estos son vehículos modificados y personalizados basados en un modelo base o un diseño exclusivo, personal y limitado. Su objetivo es crear un vehículo único, al gusto del consumidor. Cuando los fabricantes japoneses pusieron en el mercado motocicletas de gran capacidad del segmento personalizado, amenazaron seriamente al fabricante estadounidense Harley-Davidson, que sufrió problemas similares a la industria europea. (Kitano, 2011; Schemberi, 2009).
- **Motocicletas Cargo:** Motocicletas con carrocería adaptada o con elementos que la habiliten para el transporte y distribución de mercancías. Suelen ser de medio potencia, bajo precio y uso urbano eminente.

















CICLOMOTOR 49 CC	MOTOCICLETAS > 49CC	OTROS
1 CICLOMOTOR 	1 NAKED 	8 OTROS 
2 SCOOTER 	2 SCOOTER  	 
3 SPORT  TRAIL  SUPERMOTARD 	3 SPORT TOURING 	
	4 TOURING 	
	5 TRAIL 	
	6 SPORT 	
	7 CUSTOM 	

Figura 3-2: Clasificación de los PTW
 Fuente: RACC 2009

3.2 Características de la movilidad de los vehículos motorizados de dos ruedas

3.2.1 El pilotaje de los vehículos motorizados de dos ruedas (PTW)

Conducir PTW requiere la concentración mayor y más continua del conductor, a la vez que ciertas condiciones psicofísicas y habilidades que, por el contrario, no requiere la conducción de un automóvil. Esto se debe al hecho de que estos vehículos solo tienen dos puntos de apoyo, lo que implica que tienen menos adherencia y estabilidad y, por lo tanto, un mayor riesgo de exceder los límites de adherencia al frenar, girar o inercia.

Por lo tanto, la conducción de un PTW requiere un control continuo, ciertas habilidades de coordinación, reflejos, fuerza y no todas las personas, especialmente a medida que avanza su edad, tienen estos atributos de manera segura y prolongada. El pilotaje de PWT es un ejercicio aeróbico intenso. La carga física es mayor debido al esfuerzo postural derivado de sentarse en una superficie no envolvente, teniendo que mantener una postura estable. Esta posición implica un esfuerzo muscular estático, es decir, una tensión sostenida de los músculos para que permanezcan contraídos durante un cierto período de tiempo. Esta posición prolongada puede volverse incómoda y pesada si no se alterna con otras posiciones que implican movimiento (Nogareda Cuixart et al. 1994). Además de este trabajo estático de los músculos, se deben agregar posturas forzadas desfavorables debido a un tamaño de asiento reducido o una ubicación incómoda. La carga física se incrementa por la falta de protección con respecto al medio ambiente, al estar expuesto a la intemperie. Dicha exposición provoca una mayor tendencia a deshidratar a los pilotos y, por lo tanto, a la aparición de fatiga (Haworth y Rowden, 2006).

La fatiga supone un proceso de disminución de la capacidad de alerta y de reacción ante los estímulos, lo cual conlleva un incremento del riesgo en la conducción, incrementándose a medida que aumenta el periodo de conducción. La aparición de este factor está en función del tipo de conducción, de las condiciones climáticas, del entorno, a la vez que también de las características personales de cada persona (R.T.A. 2005).

Un factor negativo en la fatiga es la edad, ya que de forma progresiva se van deteriorando las condiciones físicas, se precisa más tiempo de reacción, disminuyen los reflejos y aparece más fácilmente y más pronto el cansancio. En cambio, el grado de experiencia es un factor positivo y fundamental para la reducción de accidentes y, en general, a mayor kilometraje medio anual, menor es la ratio de accidentes por kilómetro recorrido (Taylor, 1990). Los kilómetros recorridos contribuyen en la disminución de la ratio de accidentes por kilómetro, indicando que la experiencia es fundamental en la menor prevalencia de accidentes (Massie, 1997).

Los componentes emocional, motivacional y social inciden en un alto grado en el uso de vehículos a motor de dos ruedas. Ello influye en gran medida en el uso lúdico y deportivo de estos vehículos. Quienes los eligen, en sus desplazamientos perciben positivamente

determinadas sensaciones como una mayor intensidad en aspectos de aceleración, maniobrabilidad, etc., y esta percepción sesgada, conlleva que infravaloren la mayor exposición al riesgo (Horswill, 2002).

Por otra parte, algunos motoristas asocian el vehículo a un factor de reconocimiento social y cultural, que fomenta la percepción de identificación y pertenencia a un determinado grupo. Así su uso, permite realizar actividades de carácter social, aparte de la mera función de sistema de transporte, (Noordzij et al. 2001).

La acción de conducir un vehículo a motor es una actividad que implica múltiples tareas, y que requiere de forma continua y simultánea ejecutar un complejo conjunto de actividades de tipo motriz, sensorial y psíquico. Requiere también una atención constante en el dinámico procesado de información en diversos niveles de conocimiento, en la toma de decisiones y en la ejecución secuencial de acciones, en un entorno en constante cambio y expuesto a situaciones impredecibles (Figura 3-3).

Existen dos elementos que marcan la diferencia en las condiciones de conducción de la motocicleta en relación con el automóvil: la necesidad de mantener sobre la motocicleta continuamente el equilibrio –circunstancia que no se da en el automóvil–, y el hecho de que las motocicletas no dispongan de carrocería y, por tanto, de un habitáculo que provea seguridad y confort al aislar mejor al piloto de los elementos: lluvia, frío o calor, viento, humedad y condiciones de entorno, tales como, ruido o vibraciones (Robertson, y Porter, 1987).

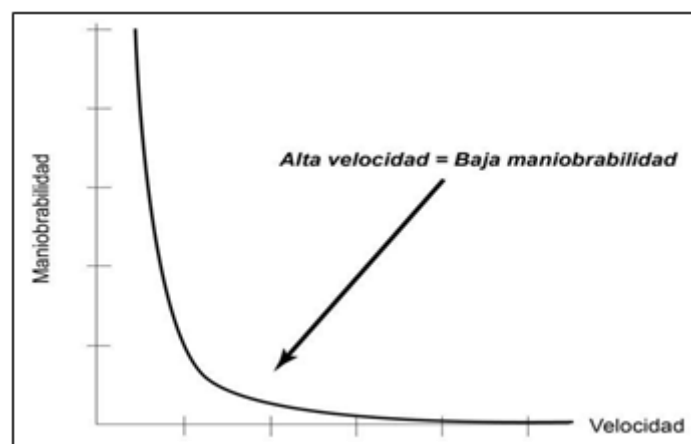


Figura 3-3: Relación entre velocidad y maniobrabilidad.

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

3.2.2 Categorías de usuarios

Los usuarios de vehículos a motor de dos ruedas se pueden clasificar de diversas formas. Por ejemplo, Ooi y Venkataraman (2008) proponen dos categorías: el Grupo A, compuesto por quienes usan una motocicleta solamente como medio de transporte (y se subdividen en dos ámbitos A1 y A2) y el Grupo B, formado por quienes usan una motocicleta para su tiempo de ocio (también subdivididos en los subgrupos B1 y B2).

A medida que se incrementa la calidad de vida, traducido en un aumento del poder adquisitivo y en poder disponer de más tiempo de ocio, se llevan a cabo más actividades lúdicas con vehículos motorizados. Este factor permite comprender, por ejemplo, por qué Suiza tiene un parque de motocicletas tan extenso o la amplia utilización de las motos en Francia. Así, en Francia alrededor de nueve de cada diez motocicletas se utilizan con fines de ocio. Una cuarta parte de las motocicletas se destina preferentemente para uso laboral, frente a casi el 50% de los ciclomotores. Más de la mitad de las motocicletas se usan entre uno y tres días a la semana o solo el fin de semana. A medida que se incrementa su cilindrada, más se incrementa su utilidad para actividades de ocio y vacacionales.

Jamson, S y Chorlton, K. (2004), categorizaron los tipos de motoristas y los clasificaron en tres agrupaciones: a) New Rider: motoristas que han empezado a utilizar el vehículo en los últimos 5 años; b) Long-Term Rider: pilotos de manera continuada desde hace más de 5 años y sin ningún paréntesis de más de 10 años; c) Returning Rider: pilotos que han vuelto a pilotar en los últimos 10 años, después de un descanso de 10 años o más.

En un estudio acerca de los motoristas de Londres, en el año 2004, la distribución era la siguiente: a) New Rider: 34 % b) Long- Term Rider: 52 % c) Returning Rider: 14 %. En un posterior estudio del año 2009, Jamson y Chorlton (2009) describen el hecho que en los países más desarrollados ha habido una evolución en los patrones de los motoristas. Así, se incrementa la cilindrada y la potencia de las motocicletas, y el promedio de su edad, con un cambio en los usos de los vehículos, un elemento de uso para la movilidad diaria y también para el ocio. Para todo el Reino Unido, se identifican las siguientes categorías y porcentajes: New Rider: 22%, Long-Term Rider: 56% Returning Rider: 22%.

En las sociedades evolucionadas, los altos ingresos per cápita facilitan la dedicación para el ocio (OCDE, 2014) y el abanico de actividades de esta índole es más extensa y sofisticada. Una de las posibilidades es utilizar las motocicletas con fines lúdicos (Tabla 3-1). Por ejemplo, en EE.UU., el ocio es la principal razón para utilizar la motocicleta (GHSA, 2011). Solo alrededor del 33% de los motociclistas consideran usar su vehículo como medio de transporte principal para conducir hacia y desde el trabajo o la escuela (McCartt et al., 2011). Por contra, en algunos países asiáticos como Taiwán, sólo el 4,9% de los viajes se realiza con fines recreativos (Tien-Pen et al., 2003).

País	% tiempo ocio	País	% tiempo ocio
Noruega	26,2%	Estados Unidos	20,3%
Finlandia	25,1%	Corea	20,2%
Reino Unido	25,0%	Estonia	19,9%
Alemania	23,5%	Australia	19,5%
Dinamarca	22,8%	Austria	19,5%
Bélgica	22,6%	Italia	19,3%
España	22,2%	Hungría	19,3%
Irlanda	21,9%	Turquía	18,3%
Canadá	21,9%	Portugal	16,7%
Eslovenia	21,6%	Japón	16,3%
Suecia	21,3%	México	15,3%
Nueva Zelanda	20,9%	OECD 26	20,8%
Polonia	20,6%	Sudáfrica	20,2%
Países Bajos	20,5%	India	17,6%
Francia	20,4%	China	15,8%

Tabla 3-1: % Tiempo dedicado al ocio entre personas entre 15-64 años

Fuente: OCDE-OECD 2014.

3.2.3 Estudio del uso de los PTW

En la mayor parte de los entornos urbanos, especialmente de los países evolucionados económica y socialmente, y durante el último cuarto del siglo XX, el uso del automóvil llegó a ampliarse hasta unos niveles de saturación. Posteriormente, diversos factores han propiciado que el uso del automóvil se haya estancado y en cambio, la utilización de los PTW ha experimentado un incremento. Estos factores han sido: la progresiva implantación de políticas restrictivas en el uso del automóvil, debido a la congestión y los altos niveles de contaminación de las grandes ciudades y sus áreas metropolitanas; la ampliación de los usos de la motocicleta y la ampliación de los potenciales usuarios a un mayor número de estratos de la sociedad en género y edad (mujeres y personas de más edad). El incremento del uso de motocicletas en zonas urbanas con una densidad poblacional elevada está relacionado con las menores restricciones de tráfico y de aparcamiento y por los menores costes operativos. El progresivo acceso de las mujeres al uso de PTW y también en los sectores de población con un alto poder adquisitivo, ha beneficiado su uso recreativo, especialmente durante los fines de semana y para el tiempo de ocio (Haworth, 2012).

Añadido a su uso como medio de transporte, la motocicleta tiene una considerable utilidad en desplazamientos relacionados con actividades lúdicas (Rand, 2011). Incluso socialmente, en determinados entornos, la motocicleta tiene connotaciones culturales vinculadas a valores como el rechazo de las convenciones sociales, la emancipación, el individualismo y la libertad personal. (Schemberi, 2009). Auster, C. J. (2001) señala que

por ejemplo en EE.UU. el uso de la motocicleta ha alcanzado niveles socioeconómicos y culturales altos e incluso a nuevos colectivos que la utilizan en actividades de tipo recreativo, y ello representa un cambio determinante en los hábitos de uso de los modos de transporte. En contrapartida, en los países del área asiática, los niveles socioeconómicos se mantienen más bajos y, en consecuencia, las motocicletas continúan teniendo un uso de modo de transporte, con escasa incidencia en las actividades de ocio.

En los países occidentales el uso de la motocicleta ha tenido una expansión bastante generalizada. Esto es debido a que estos vehículos versátiles de baja y media cilindrada se utilizan más como modo de transporte alternativo y más eficiente que el automóvil, en las áreas urbanas congestionadas. Por otro lado su mayor uso lúdico explica el incremento en la compra de vehículos de cilindrada media-alta (Jamson, y Chorlton, 2009). Watson et al. (2007) indican que se ha producido un aumento señalado del número de usuarios de estos vehículos, debido a que su uso se ha ampliado a otros segmentos de población: de usuarios mayoritariamente hombres y jóvenes, a incrementarse la aceptación por parte de la mujer y de otros sectores de edad y de niveles sociales.

En los países emergentes asiáticos y de Sudamérica, las motocicletas tienen múltiples usos (mensajería, taxis, reparto, ...) y suponen un modo de transporte relativamente alternativo en entornos donde no hay una oferta competente de transporte público (ESMAP/World Bank 2003); en estos países se utilizan vehículos de baja y media cilindrada, con una gran expansión del scooter (Rogers, 2008). Además, los países asiáticos son los mayores fabricantes mundiales de PTW (Fujita, 1998).

Y en cuanto al continente africano, el incremento de la actividad económica de las zonas urbanas deficitarias de transporte público, ha favorecido la generalización de medios no convencionales; entre ellos tienen una especial relevancia las motocicletas comerciales, relativamente asequibles (Kumar, 2011).

3.2.4 El estudio del riesgo en la movilidad de los PTW

A nivel estadístico, la probabilidad de sufrir un accidente por kilómetro recorrido con un vehículo motorizado de dos ruedas es más alta que en automóvil. Es por ello que el uso de los vehículos motorizados de dos ruedas debería generar una mayor percepción objetiva del riesgo y éste debería ser un factor fundamental en la conducción de vehículos motorizados de dos ruedas. Pero no es así. Como norma general, los conductores de estos vehículos no tienen esta percepción, y en ellos prevalecen elementos subjetivos que les lleva negar la cuantificación real del riesgo (Yates, Stone, y Eric 1992).

Un parámetro que permite cuantificar la exposición al riesgo es la distancia recorrida por modo de transporte: vehículos/kilómetro recorrido. Según esta variable, circular en PTW es mucho más arriesgado que circular en automóvil. En el año 2006, los

desplazamientos en PTW en el conjunto de los 25 países de la UE representaban el 2% de los kilómetros totales recorridos, mientras que los usuarios de PTW representaban el 16 % del total de fallecidos en carretera (ETSC 2007).

En el año 2011, los desplazamientos en PTW en Francia representaban aproximadamente el 2 % del tráfico rodado mientras que, en contrapartida, era el 23,1% de la mortalidad en carretera (ONISR 2012). Según datos del año 1995, es entre 7-10 veces mayor la probabilidad de sufrir un accidente en un PTW que en un automóvil. En ciclomotor o motocicleta, el riesgo de sufrir un accidente es similar, y en cambio el riesgo de resultar gravemente herido es entre 1,8 y 2 veces mayor en motocicleta que en ciclomotor (Carré, y Filou, 1995). En 2005, las estadísticas se manifiestan parecidas: un riesgo 7,3 veces superior de fallecer en motocicleta que en automóvil; 8,6 veces superior de riesgo para los motociclistas de resultar con heridas graves, respecto a los automovilistas; y un riesgo de fallecimiento 2,7 veces superior y de lesión grave 5,8 veces superior, para los ocupantes de ciclomotores respecto a los automovilistas. El índice de lesiones entre ocupantes de ciclomotores y motociclistas es casi equivalente, mientras que el riesgo de fallecer es 2,7 veces superior para los motoristas que para los conductores de ciclomotor, y el riesgo de resultar gravemente herido es 1,5 veces superior para los motoristas, datos que indican que la severidad es mayor para los motoristas. (Moskal, 2009).

En Gran Bretaña, es 24 veces superior el índice de fallecimientos para los pilotos que para los conductores de automóviles (Department for Transport 2015a). En Australia, las motocicletas representan el 4.5 % del total de vehículos matriculados y el 0,9% de los vehículos-kilómetro recorridos. Pero en contrapartida, el 15% de los fallecimientos en carretera están relacionados con los PTW. Analizando la distancia recorrida, es 30 veces superior el riesgo de fallecer en accidente en motocicleta que en automóvil y 41 veces superior de resultar gravemente herido (Johnson, et al. 2008).

En 2005, en relación con un pasajero de automóvil, la ratio de motociclistas fallecidos en EE. UU. por kilómetro recorrido era 37 veces superior. (Johson, et al. 2008). En el año 2011, los motoristas tenían una probabilidad 30 veces mayor de fallecer en accidente que los ocupantes de automóviles, por cada kilómetro recorrido (24,93 motoristas fallecidos por cada 0.80 ocupantes de automóvil fallecidos). Las motocicletas suponían sólo el 0,6 % de los kilómetros/vehículo recorridos, sólo ligeramente por encima del 3% de los vehículos registrados; en cambio, suponían el 14% de los fallecimientos en carretera (National Center for Statistics and Analysis 2013).

El riesgo de muerte en accidente de motocicleta en Suecia, en función del kilometraje, es aproximadamente veinte veces más alto para un ocupante de una motocicleta respecto al de un automóvil. A su vez, desde 1980 el riesgo de resultar gravemente herido o de fallecimiento en accidente se ha reducido del orden de un 75% para los ocupantes de automóviles, mientras que permanece constante para los conductores de motocicletas. (Swedish Road Administration Consulting Services, 2008, citado en Rizzi, et al. 2009).

Australia es un país-continente que tiene estadísticas muy positivas de seguridad en la conducción; aun así, al igual que en Suecia, estos datos varían significativamente según el tipo de vehículo. Así, en función del kilometraje, en este país el riesgo de fallecimiento en accidente de motocicleta es 12 veces superior (13,96/1.13 fallecidos por cada 100 millones de km. recorridos) (ATSB (1997).

Aunque se ha constatado que circular en PTW conlleva más riesgo de accidentes que en automóvil, también se ha verificado que en zonas urbanas los PTW suponen un mayor riesgo para los peatones. Por kilómetro recorrido en área urbana, el riesgo que un PTW lesione de gravedad a un peatón es 2.02 veces superior que para un automóvil, ya que la interacción entre PTW y viandantes supone un incremento de la exposición al riesgo para estos últimos. (Paulozzi, 2005; Clabaux, et al 2014). Y es en los países en vías de desarrollo donde se evidencia un elevado incremento de atropellos, debido a un significativo incremento del uso de motocicletas en zonas urbanas, hasta el punto que aproximadamente la mitad de las víctimas por accidente de tráfico son peatones u ocupantes de PTW (WHO, 2013).

Algunos estudios también han constatado que a medida que aumenta el nivel de renta, los gobiernos y los ciudadanos invierten más recursos en seguridad vial y en vehículos más seguros, lo cual conlleva como consecuencia positiva una disminución de la tasa de mortalidad (Van Beeck, et al. 2000; Kopits, y Cropper, 2005).

El consumo de alcohol favorece la posibilidad de riesgo en la conducción, debido a un exceso de velocidad, conducir sin licencia y/o sin usar casco. Se ha constatado que es más común la presencia de alcohol y de velocidad inadecuada en los accidentes donde sólo se ve implicado un vehículo. (Haworth, et al. 2009).

En muchos países desarrollados el riesgo es un factor que anima el cambio en la propiedad y uso de la motocicleta hacia el automóvil. Hay que tener en cuenta que los PTW son un transporte relativamente arriesgado. Las motocicletas tienen una limitada protección y ello implica una menor seguridad respecto a los coches y que los ocupantes de PTW tienen más probabilidades de resultar lesionados o de fallecer en los accidentes.

El Premio Nobel de Economía, Daniel Kahneman (2007), expone las limitaciones de la racionalidad. Considera que en la mente humana inciden a la vez dos estructuras o mecanismos que orientan la forma de pensar y la toma de decisiones. El sistema 1 siempre está activado y produce el pensamiento asociativo intuitivo y rápido y actúa sin apenas esfuerzo mental. El sistema 2 no siempre está activado, permite efectuar cálculos complejos, ajustándose a reglas, efectuar elecciones comparativas y optimizadas y es lógico, lento y deliberativo.

En función de la premura en la toma de decisiones y la relevancia de éstas, los dos mecanismos trabajan de forma sincronizada para conseguir una división eficiente del trabajo. A priori debería ser el sistema 2 el encargado de tomar las decisiones, dada su capacidad de razonamiento lógico y su mayor precisión en los resultados. Pero en realidad es el sistema 1 quien resuelve las situaciones, de forma rápida, intuitiva e impulsiva. La predominancia del sistema 1 explica la dificultad de muchas personas para

percibir y corregir sus propios errores, mientras que en cambio les resulta más fácil detectar los ajenos. A partir de este razonamiento, se comprende que los conductores de vehículos tienden a percibir que conducen de manera más segura y mejor que el resto de los usuarios (Svenson, 1981). Según Horswill et al. (2002), los conductores tienden a una percepción sesgada para calificar sus cualidades en un rango superior a la de sus compañeros y se perciben sobrecalificados en sus habilidades de conducción en general y en el control del vehículo. Y esta percepción sesgada aumenta su percepción subjetiva del riesgo y favorece la asunción de riesgos de conducción.

La percepción y la aceptación del riesgo y el mayor uso de los vehículos motorizados de dos ruedas están influenciados por diferentes factores. Un factor es la denominada “ilusión de control”, que lleva a las personas a sobreestimar su capacidad de dominio sobre la conducción y las potenciales situaciones de riesgo que puedan presentarse. (Rheinberg, et al 1986).

Otro factor es la “ilusión de invulnerabilidad”, que implica suponer más factibles los accidentes de los demás que los de uno mismo (Weinstein, 1989). Esta ilusión se retroalimenta de la experiencia y así las personas que acumulan experiencias alimentan la ilusión de que pueden predecir y controlar el futuro (Kahneman, 2007). A partir de esta tesis se puede entender como pilotos experimentados desarrollan una ilusión de su aptitud algo mejorada, lo que les lleva a un exceso de confianza. La seguridad en los desplazamientos depende también de factores exógenos incontables, así como de la percepción personal de los riesgos (Slovic, 1987) e incluso de factores culturales (Kleinhesselink, y Rosa, 1991).

En contrapartida, la falta de experiencia implica menos información y menos referencias respecto a los riesgos reales de la conducción y a sus nefastas consecuencias. Este factor incide negativamente en la actitud de los pilotos más jóvenes, a lo que se añade que en ellos es más determinante su actitud ante la conducción que la posible falta de experiencia o el desarrollo de habilidades en la conducción. Un factor fundamental para interpretar muchas de las conductas en la conducción de los vehículos motorizados de dos ruedas es la percepción del riesgo de sufrir un accidente. Ello explica por qué los individuos a menudo se implican inexplicablemente en conductas donde su salud puede verse seriamente afectada (Cvetkovich, y Earle, (1988); Harré, (2000).

3.3 Evolución histórica y situación actual de los PTW

3.3.1 A nivel mundial

En todo el planeta hay alrededor de 313 millones de vehículos motorizados de dos ruedas. Destaca el dato que en las tres últimas décadas el uso de los PTW ha experimentado un incremento mundial y éste es un fenómeno en aumento a escala global (Rogers, 2008).

El mayor porcentaje del parque mundial de PTW se concentra en los países asiáticos. El 65 % de los vehículos motorizados de dos ruedas se localizan en dicho continente, destacando China e India como los países con mayor número de PTW. (Amakate, y Gordon, 2009; OCDE-OECD 2015).

A su vez se extienden los usuarios potenciales, especialmente en los ámbitos urbanos, al incorporarse cada vez más un mayor número de mujeres, usuarias preferentemente de scooters (Rogers, 2008). Un factor que ha contribuido también a extender el uso de este tipo de vehículos en los países más avanzados ha sido que se ha incrementado el uso lúdico de los vehículos motorizados de dos ruedas. (Auster, 2001; Rand, 2011; Van Elslande, y Elvik, 2012).

Entre los años 2007 y 2012, la producción mundial de PTW aumentó desde 42,9 millones de unidades a 59,7 millones, lo que supuso un incremento del 39%, concentrado especialmente en los países asiáticos, liderados por China, India e Indonesia. Estos tres países representan el 80,3% de las unidades producidas en el mundo y el 61 % del valor. (Ambrosetti- The European House 2014).

En muchos países desarrollados las motocicletas son un modo primario de transporte, especialmente en áreas urbanas. En 1996, el número total de PTW registrados en la India representó el 69% del total de vehículos de motor. En cambio, en países avanzados como en Alemania (5%), Estados Unidos (1,8%) es significativamente menor. Por contraste, un país altamente avanzado como Japón los PTW representan un 18% de los vehículos motorizados (Mohan, 2002). En esta etapa, se produce una alta elasticidad entre la propiedad del vehículo y los ingresos. Así, Gakenheimer (1999) observó que los coches por cada 1000 habitantes se correlacionan muy bien ($R^2 = 0,71$) con el ingreso anual del 20% más alto de la población, en un gran grupo de países en desarrollo con bajos ingresos (Bangladesh, India, Pakistán, Ghana, Sri Lanka, Indonesia, Filipinas, Costa de Marfil, Guatemala, Marruecos, Perú y Colombia).

La siguiente tabla muestra la evolución del número de usuarios de PTW en diferentes países del mundo OCDE-OECD (2015). Se constata un fuerte incremento de los usuarios de motocicletas, a la vez que una desigual evolución en el uso del ciclomotor.

PTW evolución 2001-2010		
País	% Motocicletas	% Ciclomotores
Australia	88%	
República Checa	35%	10%
Francia	48%	-22%
Gran Bretaña	28%	-27%
Grecia	76%	-14%
Japón	14%	-20%
México	311%	
España	82%	27%
Suecia	91%	84%
Estados Unidos	67%	

Tabla 3-2: Evolución del número de usuarios de PTW en los países de la OCDE.

Fuente: OCDE-2015

Son varios los fenómenos que han contribuido al incremento del uso de PTW a nivel mundial. De entrada, el incremento de la urbanización global, como consecuencia de la industrialización y de la emigración de poblaciones agrícolas a las ciudades, favorece el crecimiento y la expansión de los entornos urbanos. A medida que aumenta la extensión y la densidad de las ciudades, van apareciendo problemas como la congestión y la escasez de estacionamiento. En esta coyuntura los PTW suponen una solución que permite desplazamientos más rápidos y ágiles, y que reducen la congestión y permiten una mayor posibilidad de estacionamiento y a un coste comparativamente más reducido que los automóviles.

La profunda transformación que han sufrido los vehículos motorizados de dos ruedas en los últimos 25 años ha sido uno de los factores determinantes en el incremento de su uso. Inicialmente eran ruidosos, poco eficientes, escasamente ergonómicos, sucios y con vibración y en algunos casos de conducción poco manejable y compleja. En los últimos años su diseño mecánico y ergonómico los ha transformado en vehículos fáciles de conducir, cómodos, más eficientes, más silenciosos y funcionales y más económicos. En un futuro inmediato, la incorporación del vehículo eléctrico ampliará todas estas mejoras, con previsión de convertirse, especialmente en el ámbito urbano, en un modo de transporte con un gran potencial de desarrollo y de transformación de la movilidad.

Las mejoras tecnológicas, en diseño y costes, han contribuido a ampliar el mercado de usuarios potenciales, penetrando en el segmento de las mujeres y las personas de edad más avanzada. La seguridad y las condiciones de conducción de los vehículos han evolucionado muy rápidamente. La incorporación de las nuevas tecnologías ha hecho evolucionar la seguridad, disminuyendo sensiblemente el riesgo de conflicto de un vehículo con el resto de los usuarios de la vía y con los objetos de su entorno. La mayoría de las mejoras en seguridad se basan fundamentalmente en la incorporación de sistemas electrónicos que regulan automáticamente la estabilidad del vehículo, la tracción, la iluminación, etc.

Los vehículos motorizados de dos ruedas, tanto ciclomotores como scooters de baja cilindrada, han incorporado mejoras tecnológicas que facilitan el manejo y reducen los consumos. Las principales mejoras han sido: el encendido eléctrico que simplifica y facilita el arranque; la transmisión y el cambio automático, que evita tener que engranar las marchas de manera manual o con el pie mediante una palanca; sistemas anti-detención del motor, mediante el control electrónico de las proporciones adecuadas de mezcla de aire- gasolina en el carburador en función del régimen de vueltas de motor. La incorporación de nuevos materiales y criterios de diseño, hacen más funcionales y atractivos los vehículos. Se han incorporado nuevos elementos como son los polímeros, fibras, plásticos y metales más ligeros, que han reducido el peso de los vehículos, mejorando la eficiencia en los rendimientos.

3.3.2 A nivel europeo

La tendencia durante los últimos años en el conjunto de Europa ha sido de un continuado aumento del número de vehículos motorizados de dos ruedas (Figura 6). En el año 2002, en toda Europa, el parque era de 30.350.983 de unidades pasando en 10 años a 36.768.274, lo que representó un incremento del 8 % (ACEM 2013). Cabe destacar que el peso del incremento lo soporta el aumento del volumen de motocicletas, al crecer un 47 % en diez años (de 17.453.495 a 25.6.002 unidades); mientras que los ciclomotores en ese mismo periodo descienden del orden del 13 % (de 12.897.488 a 11.168.272 unidades).

Según datos de la Asociación Europea de Fabricantes de Motocicletas (ACEM) en Europa hay más de 37 millones de PTW, repartidos de manera que los ciclomotores copan el 36% del mercado y las motos y scooter de más de 50cc representan el otro 64% (ACEM, 2013). Francia, con 296.315 unidades es el país europeo que lidera las ventas de motos. En ese mismo periodo, las ventas de vehículos de pasajeros en Francia fueron de 1.742.008 unidades, de la que se infiere una proporción del orden de 5,9 veces mayor en favor de los vehículos de pasajeros, circunstancia que evidencia claramente el orden de magnitud por tipología de vehículos. En el ranking por países, Italia (257.908 unidades) se sitúa en segunda posición, Alemania (178.087 u.), en tercera, y España (115.447 u.) en la cuarta plaza, justo por delante de Gran Bretaña (93.450 u.).

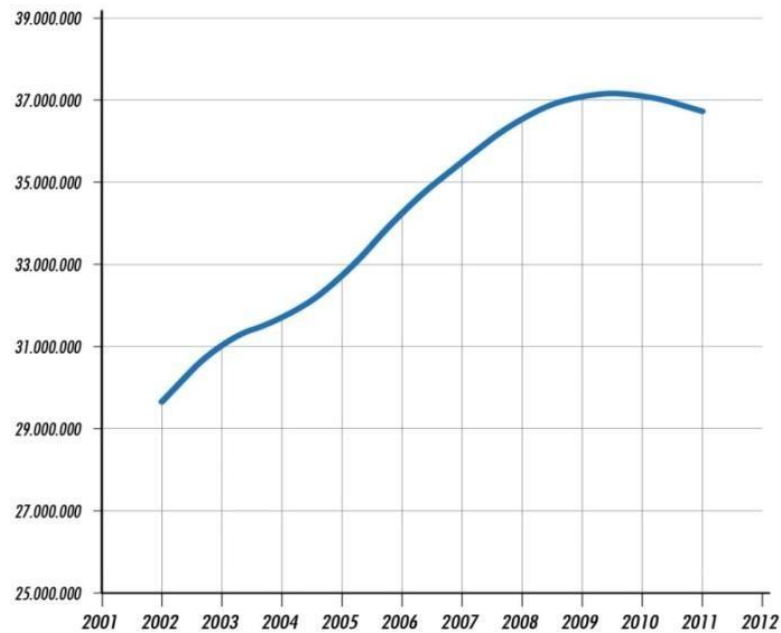


Figura 3-4: Evolución parque de PTW en la UE + Suiza y Noruega
Fuente: ACEM 2013

La utilización de los vehículos motorizados de dos ruedas en los países europeos es poco homogénea, con significativas diferencias. Como se puede observar, los países del sur de Europa tienen, en general, tasas elevadas de motocicletas e incluso superiores de ciclomotores (Figura 3-4).

En cuanto a las preferencias de tipologías de vehículos por países, existe una gran diversidad. En los países mediterráneos los modelos más populares son del tipo scooter, mientras que en Alemania este modelo tiene una presencia muy residual. Grecia está a la cabeza con 150 ciclomotores y 100 motocicletas por cada 1.000 habitantes. Por contra, Portugal, a pesar de estar entre los de los países del Sur, posee una tasa de 40 ciclomotores y 14 para motocicletas, que se puede considerar baja, pero no en relación con los países occidentales y del norte de Europa.

En el lado opuesto en relación con los ciclomotores se sitúa Gran Bretaña con sólo dos ciclomotores por cada 1.000 habitantes. Para el resto de los países, las tasas medias son aproximadamente de 20 ciclomotores y 30 motocicletas por cada 1.000 habitantes. (Eurostat 2014).

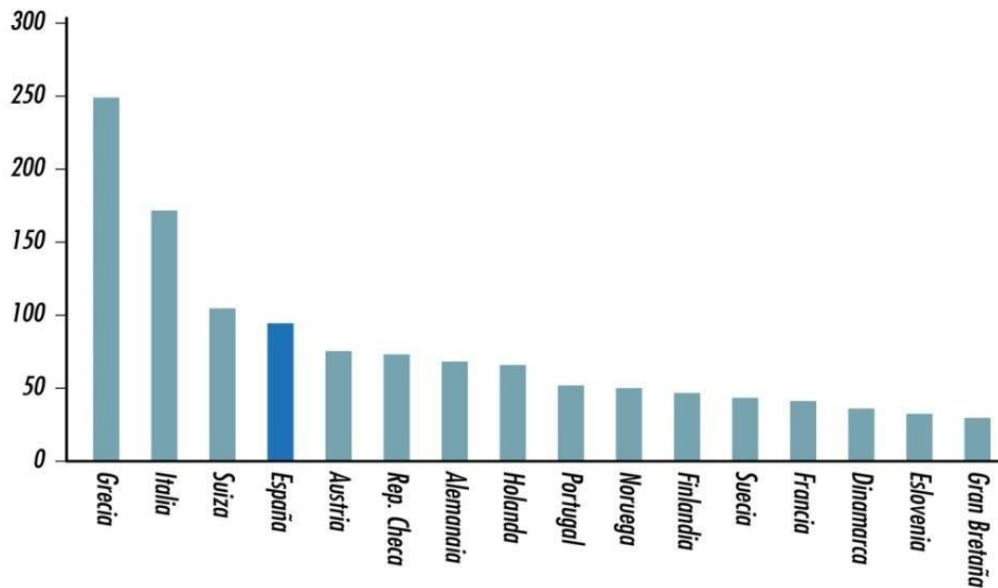


Figura 3-5: Vehículos motorizados de dos ruedas por 1000 habitantes
Fuente: Eurostat 2014

El incremento del uso de PTW es un fenómeno común en las principales ciudades europeas. Se ha producido un aumento continuo de la propiedad de PTW desde mediados de la década de los 90 y su uso en las grandes ciudades europeas se ha extendido. En París, en el período 2000-2007, los PTW han experimentado un incremento del 36%, mientras que los coches privados han acusado un descenso del 23% (Kopp, 2009). Del mismo modo, el tráfico de motocicletas parece haberse expandido notablemente en Londres desde la iniciativa del año 2003 de introducir un plan de precios (tarifación vial) con exención a los PTW. Esta medida ha conllevado un importante aumento de la tenencia y uso los PTW en el área de Londres. En Roma, las motocicletas representan el 16% de los vehículos en circulación y han aumentado un 60% entre 2002 y 2014 (Automóvil Club d'Italia 2014).

Otro dato interesante es que países tradicionalmente con unas condiciones climáticas poco favorables para la circulación de vehículos motorizados de dos ruedas, han experimentado un crecimiento en su uso. Es el caso del Reino Unido, donde entre los años 1994 y 2012, el número de licencias de motocicletas aumentó en un 70%; en cambio, las de automóviles lo hicieron a un ritmo significativamente inferior: solo 35% durante el mismo período (MCIA 2012).

El incremento del uso de la motocicleta se ha producido al ampliarse significativamente el número de usuarios de motocicletas de baja cilindrada: del orden de 125cc; mientras que descendían las ventas de motocicletas de gran cilindrada y de ciclomotores. Algunos estudios constatan dicha tendencia e identifican como factores explicativos el incremento del precio del carburante y especialmente el permiso administrativo para pilotarlos sin licencia, esto es, solo disponiendo del carnet de coche (MCIA, 2012).

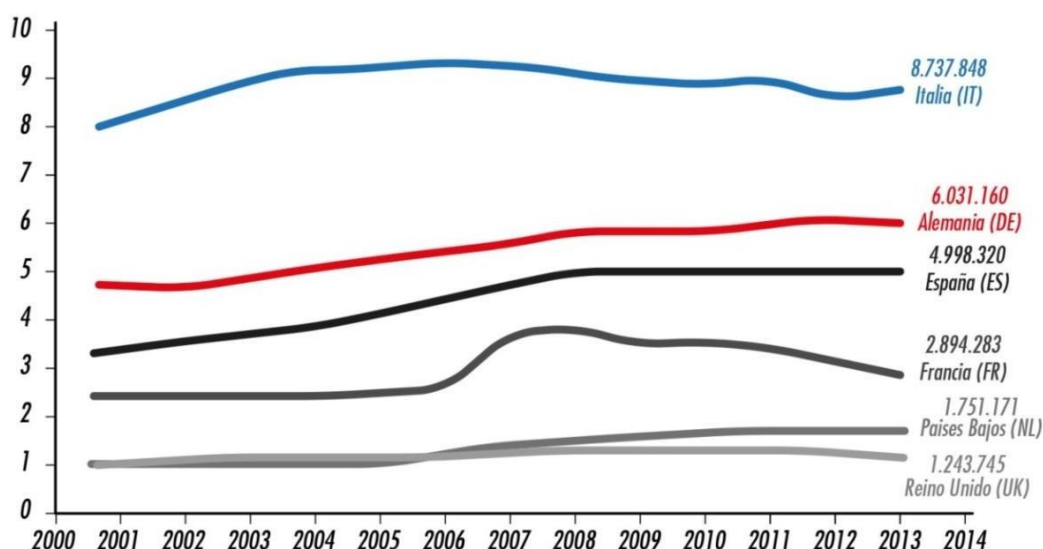


Figura 3-6: Evolución de PTW en diferentes países europeos

Fuente: Eurostat 2014

Italia es el país europeo con mayor número de motocicletas y su mercado está dominado por scooters de distintas cilindradas (Figura 3-6).

En Francia, en el periodo 2001-2011, el volumen de kilómetros anuales recorridos en PTW se incrementó en un 30 %, pasando de 8.800 a 11.000 millones, dato que supone el 2 % de la circulación vial (SOES, 2013). En ciudades como París el incremento del uso de PTW destaca claramente a partir del año 2000, cuando el porcentaje de su presencia en relación al tráfico global se incrementa alrededor del 36% entre 2000 y 2007 (Kopp, 2011).

A pesar de la crisis económica, las principales ciudades italianas como Roma, Milano o Bolonia no han dejado de incrementar el número de vehículos desde al año 2000 (Figura 3-6). Como ejemplo, en la ciudad de Roma los PTW representan el 16% del total de vehículos en circulación (Roma Capitale, 2011).

3.3.3 A nivel español

Históricamente el uso de la motocicleta en España ha tenido diferentes etapas de expansión y de involución, pero a nivel general ha predominado una tendencia global ascendente.

La figura 3-6 muestra la evolución histórica de las motocicletas matriculadas anualmente. Hasta el año 1987 no constan datos estadísticos del número de ciclomotores, ya que hasta ese año la Dirección General de Tráfico (DGT) no inició el registro. Durante la primera mitad del siglo XX el número de motocicletas era superior al de automóviles. Es en el año 1967 cuando esta tendencia se invierte y en este año por primera vez el número de automóviles superó al de motocicletas. En los siguientes años, el factor renta y su mayor versatilidad acaba determinando la prevalencia del automóvil

sobre la motocicleta (Tanner, 1983, Button, et al. 1993; Dargay, y Gately, 2009). El periodo de expansión del automóvil frente a la motocicleta se modera a partir de mediados de la década del 2000, provocado por el efecto combinado de la crisis y la saturación del uso del automóvil en las zonas urbanas, y es entonces cuando los vehículos motorizados de dos ruedas vuelven a ganar protagonismo, evidenciándose una clara expansión al iniciarse el siglo XXI.

La crisis económica iniciada en España en el periodo 2007-2008 redujo el número de matriculaciones de motocicletas, pasando de 285.594 unidades matriculadas en el año 2007 (mayor número en el registro histórico) a 112.498 en el año 2014, cifras que suponen un descenso del 60 %. En los últimos años el volumen de matriculaciones ha experimentado una cierta recuperación con 180.367 vehículos matriculados en 2016, situando el descenso desde máximos en un 37 % (ANESDOR, 2017) (Figura 3-7 y 3-8).

El descenso de matriculaciones no implicó una reducción del parque de vehículos motorizados de dos ruedas, que muestra una larga tendencia de incremento, que sin embargo se vio frenada durante la crisis, recuperándose a partir del 2015, con un aumento en 15 años del 30%. La reducción de matriculaciones mientras se incrementa el parque de vehículos acaba suponiendo un envejecimiento de parque con un alargamiento de la vida útil y mayor dinamismo en el mercado de segunda mano.



Figura 3-7: Evolución anual del número de motocicletas matriculadas

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

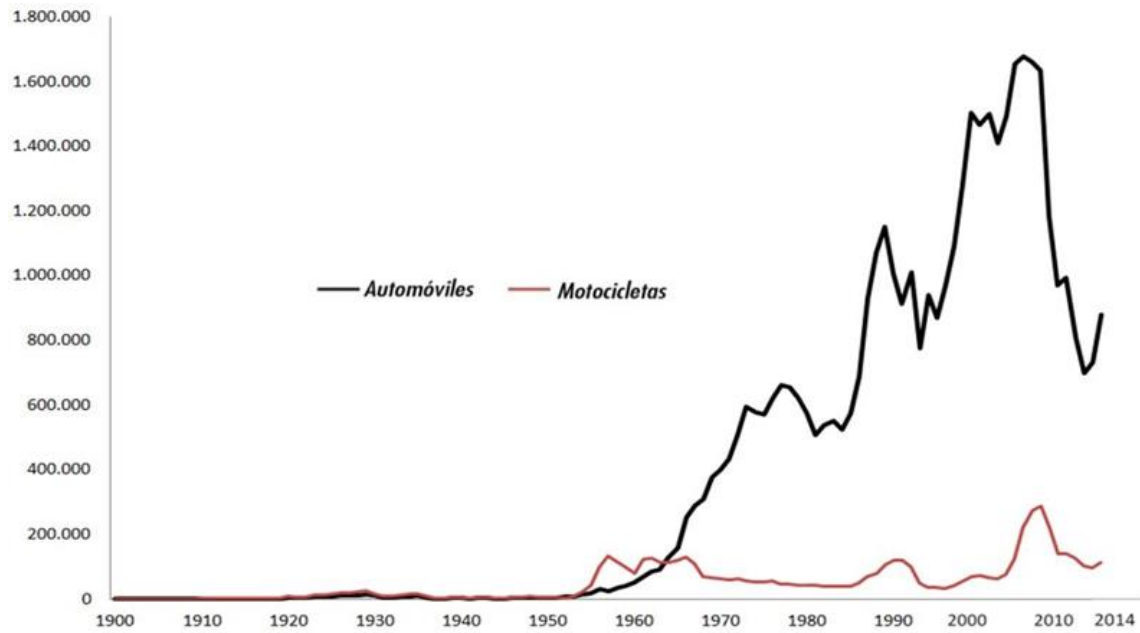


Figura 3-8: Evolución de la matriculación anual de vehículos (automóviles y motocicletas).
Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

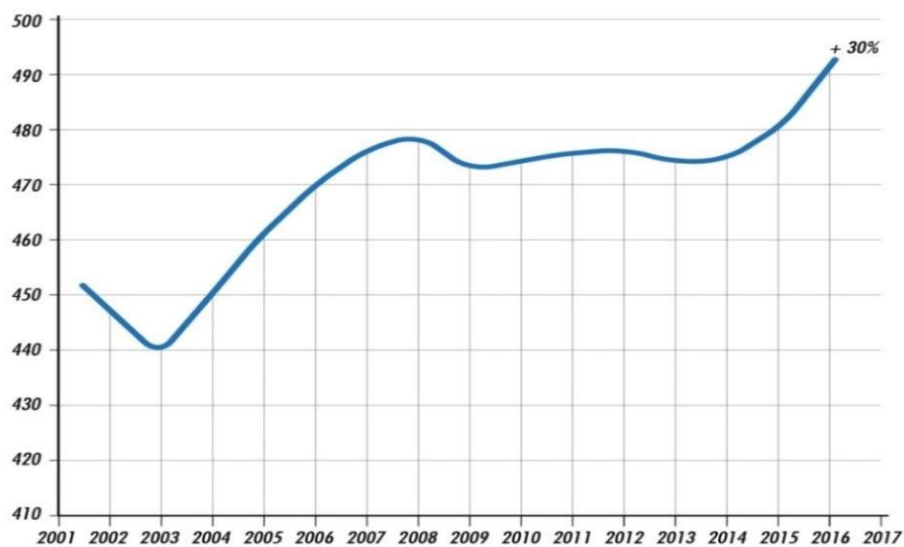


Figura 3-9: Evolución en España de los PTW/1000 habitantes
Fuente: DGT 2016

3.3.4 Evolución histórica y situación actual de los PTW en Barcelona

La evolución histórica del número de turismos en la ciudad de Barcelona se inicia con una etapa de fuerte expansión y un continuo crecimiento en los años 60, hasta alcanzar en 1992 los 719.356 turismos, cifra que representaba 441 automóviles por cada 1.000 habitantes. Esta ratio se repetirá en 1995. A partir de esa fecha se inicia una tendencia de descenso continuado en el número de turismos. En cambio, el número y peso relativo de los vehículos motorizados de dos ruedas no ha dejado de incrementarse. En 1975, el 89% de los vehículos privados no comerciales (turismos y PTW) eran automóviles, mientras que en 2015 el porcentaje es más equilibrado: 68% automóviles y 32% PTW. En 1975 había ocho veces más turismos que motocicletas, mientras que en 2015 la proporción es de 2 turismos por cada PTW.

La figura 3-10, muestra la evolución de la tasa de motorización (vehículos por 1.000 habitantes) en la ciudad de Barcelona. De 1996 a 2001 el número de vehículos se incrementó en una tasa de 6.000 vehículos por año: aumentando de 900.000 a 980.000 unidades. Durante el periodo 2001-2003 se produjo una pequeña reducción en la flota, seguido de una recuperación. En 2007 se alcanza el número máximo de vehículos (991.151 u.). En 2009 comienza la estabilización a la que sigue una sostenida disminución de la flota. Es posible identificar la estabilización en el rango de 600-620 vehículos por 1000 habitantes, luego se observa una clara disminución (Ajuntament de Barcelona, 2016).

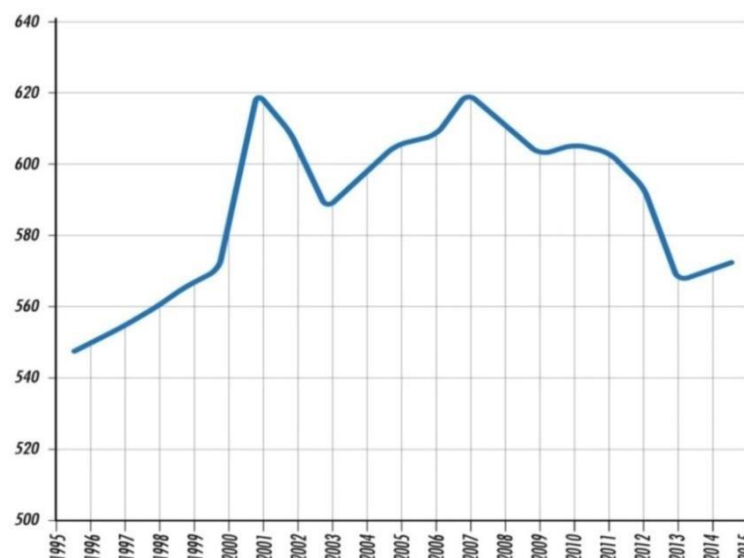


Figura 3-10: Evolución de los PTW por 1.000 habitantes en Barcelona.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ajuntament de Barcelona 2016.

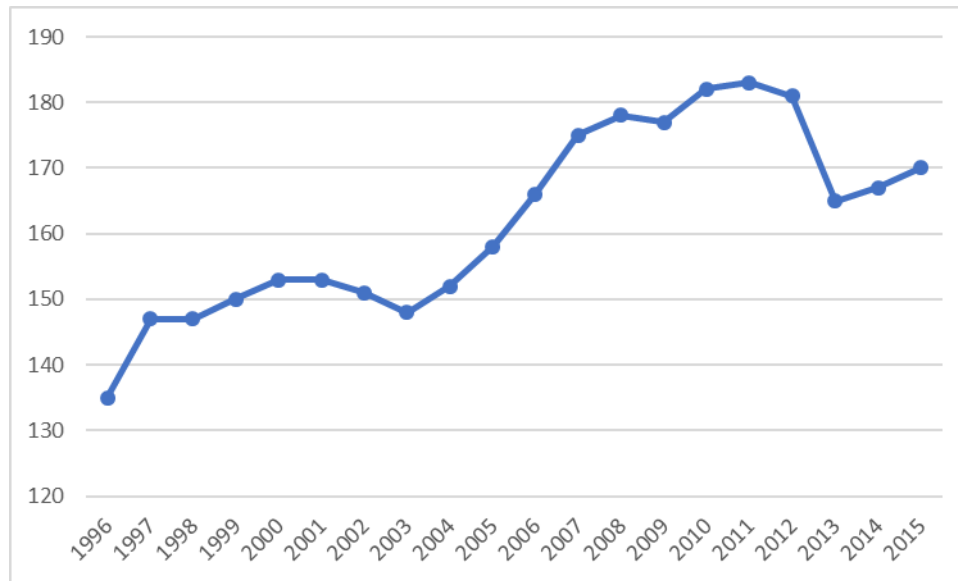


Figura 3-11: Evolución de vehículos por 1.000 habitantes en Barcelona
Fuente: Ajuntament de Barcelona 2016

A pesar de su alta densidad, Barcelona no lidera el ranking de las zonas europeas de congestión urbana (TOMTOM 2015). El hecho que un gran porcentaje de los desplazamientos urbanos se realizan en vehículos motorizados de dos ruedas es uno de los factores que permiten un volumen diario significativo de viajes de vehículos a motor en un espacio tan denso. Los PTW representan el 17,4% de la movilidad en vehículos privados en la ciudad de Barcelona (Ajuntament de Barcelona, 2012).

En los últimos 40 años (1975-2015), el número de automóviles ha aumentado un 27%, mientras que el de la motocicleta ha crecido a un ritmo considerablemente superior: un 413% (Figura 3-12). En la actualidad el número de vehículos privados muestra una tendencia de reducción de la flota de automóviles, mientras que los PTW tienden a aumentar. Los ciudadanos se desplazan menos en automóvil y utilizan más los PTW.

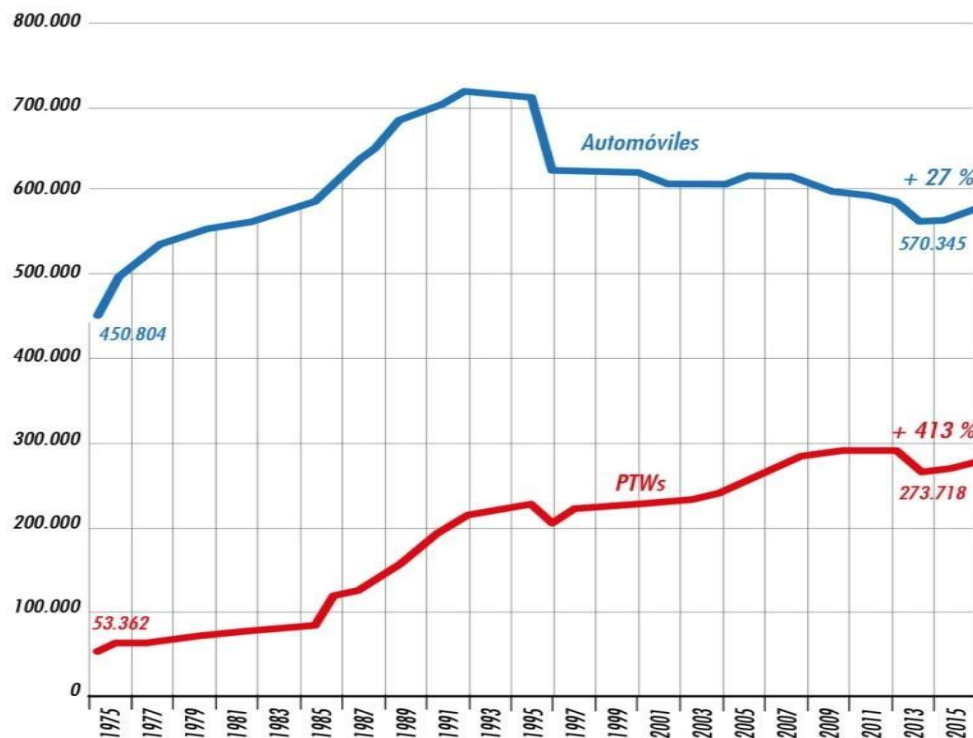


Figura 3-12: Evolución del número de automóviles y PTW en la ciudad de Barcelona.

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

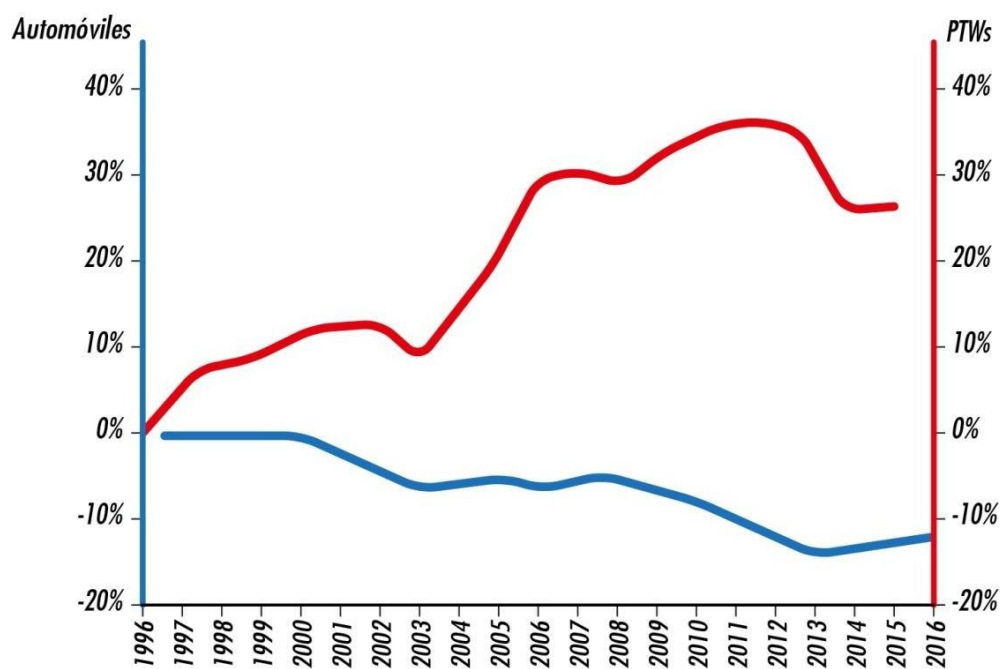


Figura 3-13: Evolución del número de automóviles y PTW (% año base 1996)

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

Durante el periodo 1995-2015 el número de PTW por cada 1.000 habitantes se ha incrementado en un 24 %, mientras que los coches han disminuido en un 15%. En el año 2012, el 34% de los vehículos no comerciales en Barcelona eran vehículos motorizados de dos ruedas (Figura 3-14).

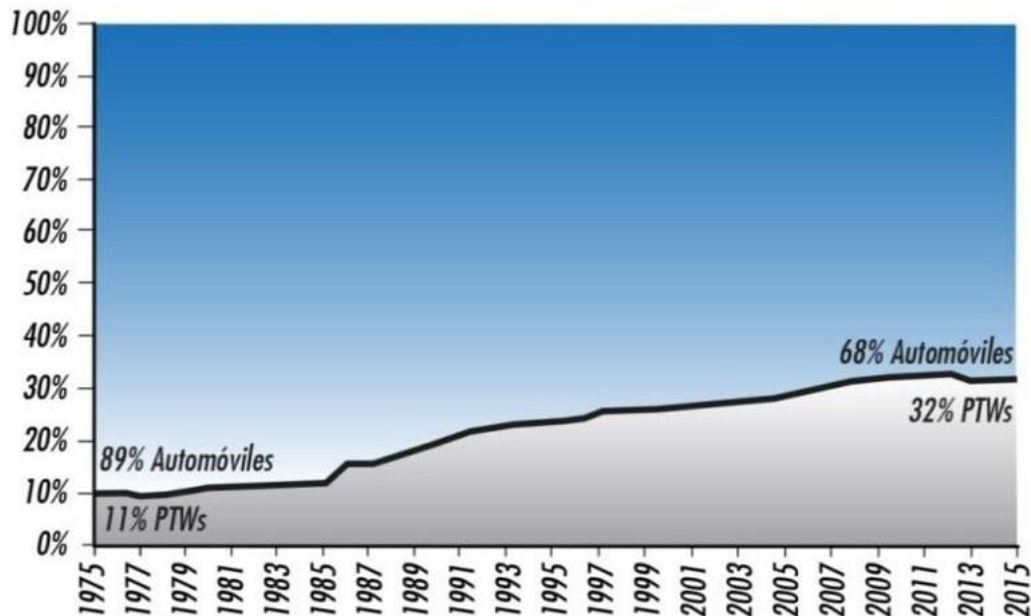


Figura 3-14: Reparto de vehículos motorizados en Barcelona. (% automóviles-PTW).

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

Siguiendo la tónica de muchas zonas metropolitanas europeas, Barcelona experimenta una doble tendencia: el incremento del sector terciario en el centro de la ciudad, unido a la creciente atracción turística y al desplazamiento de la residencia de la población desde el centro de la ciudad hacia las periferias. Todo ello implica que la población principal que vive a una cierta distancia de los centros de trabajo tenga una mayor dependencia del automóvil para acceder a su puesto de trabajo (Matas, et al., 2009). Barcelona también tiene una alta dependencia de las motocicletas por la necesidad de continuos traslados por el centro de la ciudad, que habitualmente se encuentra congestionada. El pequeño tamaño y la alta maniobrabilidad de los PTW hacen de ellos el medio de transporte más adecuado para los viajes por el interior de la ciudad, especialmente durante los periodos de congestión del tráfico.

Barcelona es una ciudad con unas políticas consolidadas en el ámbito del transporte urbano. Los indicadores de tenencia de vehículos son similares a otros países altamente desarrollados, y ha alcanzado un nivel de saturación en el número de automóviles per cápita. A pesar de tener una buena y eficiente oferta de transporte público, la ciudad tiene altas tasas de motorización y también un alto número de viajes en vehículos privados.

En cuanto al parque de vehículos motorizados, el 28,9% de los vehículos motorizados de la ciudad de Barcelona son motocicletas o ciclomotores, situándose como la ciudad española con mayor porcentaje de este tipo de vehículos (Tabla 3-3).

CIUDAD	% PTW
Barcelona	28,9%
Granada	24,4%
Donostia/San Sebastián	24,2%
Málaga	22,4%
Almería	21,3%
Alicante	20,4%
Girona	20,4%
Sevilla	20,2%
Murcia	20,1%
Córdoba	18,7%
Albacete	18,5%
Tarragona	17,8%
Palma de Mallorca	17,4%
Valencia	16,3%

Tabla 3-3: % PTW en relación con el número de vehículos motorizados.
Fuente: DGT 2016

Los principales vehículos motorizados no comerciales son los turismos y los PTW (motocicletas y ciclomotores) y se utilizan principalmente para desplazamientos de carácter privado. En este sentido, cabe señalar que el 34 % de los vehículos privados no comerciales de la ciudad de Barcelona son PTW, por lo que Barcelona es también la capital de provincia de España con un mayor porcentaje de PTW en relación con el número de vehículos motorizados no comerciales (Tabla 3-4).

A su vez, por detrás de Granada, Barcelona es la ciudad española que cuenta con más vehículos motorizados de dos ruedas por habitante, casi cuatro veces más que Burgos que es la ciudad que menos tiene (DGT 2016).

CIUDAD	VEHÍCULOS MOTORIZADOS NO COMERCIALES	
	% PTW	% TURISMOS
Barcelona	34%	66%
Donostia/San Sebastián	29%	71%
Granada	28%	72%
Málaga	26%	74%
Almería	25%	75%
Girona	25%	75%

Tabla 3-4: Reparto de los vehículos motorizados no comerciales en %
Fuente: DGT 2016.

Según los datos de la EU del año 2004, Barcelona también encabeza la lista de ciudades españolas donde la motocicleta se utiliza en mayor porcentaje para realizar desplazamientos relacionados con el trabajo (Tabla 3-5).

CIUDAD	% viajes en PTW
Barcelona	7,78
Málaga	7,13
Murcia	6,52
Alicante	6,37
Sevilla	5,76
Palma de Mallorca	5,28
Hospitalet de Llobregat	5,01
Córdoba	4,89
Badajoz	4,06
Valencia	3,7
Las Palmas	3,1
Santander	2,93

Tabla 3-5: Desplazamientos diarios en PTW por motivo trabajo.
Fuente: Eurostat 2004

Las políticas de movilidad son un elemento característico de las sociedades avanzadas, orientadas a promover el transporte público y los desplazamientos en bicicleta, así como, a desalentar el uso de vehículos privados, especialmente los automóviles y algo menos los PTW. En los últimos años, se han implementado esquemas de calma de tráfico en Barcelona, se han ampliado las zonas peatonales y de velocidad lenta y se ha promovido el uso de la bicicleta. La ciudad ya hace años que cuenta con un exitoso sistema público de alquiler de bicicletas (Bicing), en el año 2014 se planificó para un horizonte de tres años (2015 a 2018) triplicar la longitud de los carriles de bicicleta de 118 a 308 km, tratando de incrementar el modo de uso de la bicicleta de 1,5 a 2,5% (Ajuntament de Barcelona, 2015).

Como en Barcelona, muchos gobiernos locales en las principales ciudades europeas implementan políticas para inhibir y reducir el uso del automóvil, destinadas a aliviar la congestión y la emisión de gases de efecto invernadero. En este sentido, han implementado acciones para restringir el uso del automóvil que -intencionadamente o no- han favorecido tanto los PTW como el uso de la bicicleta, dado que el pequeño tamaño y la agilidad de estos vehículos contribuyen a reducir la congestión. Para favorecer el transporte público en autobús, se han implementado algunas medidas para escapar a la congestión provocada por la presencia masiva de automóviles, separando la circulación de estos en carriles independientes. En Barcelona, los carriles de tránsito reducen el espacio de circulación del vehículo privado y tienden a aumentar la congestión, hecho que también favorece el cambio del uso del automóvil a los PTW.

Estas tendencias apuntan a un continuo crecimiento futuro del uso de PTW en zonas urbanas congestionadas, mostrando una relevante elasticidad de la demanda de motocicletas y un claro efecto de sustitución de automóviles e incluso del transporte público a PTW en periodos de altos niveles económicos. El uso cada vez mayor de PTW en países desarrollados con áreas urbanas congestionadas puede contradecir los modelos que interrelacionan el crecimiento económico y el uso de motocicletas.

El uso creciente de PTW implica también externalidades negativas. En Barcelona, los motociclistas son los usuarios de carretera más vulnerables, siendo el grupo con mayor número de lesiones graves y fallecimientos. En 2015, el 63% de los muertos en accidentes en la ciudad de Barcelona eran motociclistas. La probabilidad de tener un accidente fatal en Barcelona para quien viaja en PTW es 12,5 veces mayor que para quien se desplaza en coche, y para el caso de lesiones graves es veinte veces mayor (Ajuntament de Barcelona 2016b). Por contra, cabe señalar que la alta densidad de la ciudad de Barcelona y las calles saturadas aumentan las condiciones de seguridad, ya que la congestión disminuye la probabilidad de sufrir lesiones graves, encontrando una relación negativa entre el flujo de tráfico (congestión) y la gravedad de la lesión de PTW (Albalade, y Fernández- Villadangos, 2010).

Una problemática que rodea los PTW es la elevada prevalencia de accidentes. Aunque el número de PTW ha aumentado progresivamente en la ciudad de Barcelona, los datos revelan que los accidentes mortales se han reducido (Figura 3-15). En 1990 en Barcelona se registraron 88 accidentes mortales, esta cifra ha ido disminuyendo de tal manera que

en 2013 sólo se registraron solo 22 muertos, si bien en el año 2014 se produjo un repunte a 31 fallecidos. El descenso de accidente mortales por otro lado ha ido acompañando de un incremento de accidentes con heridos graves.

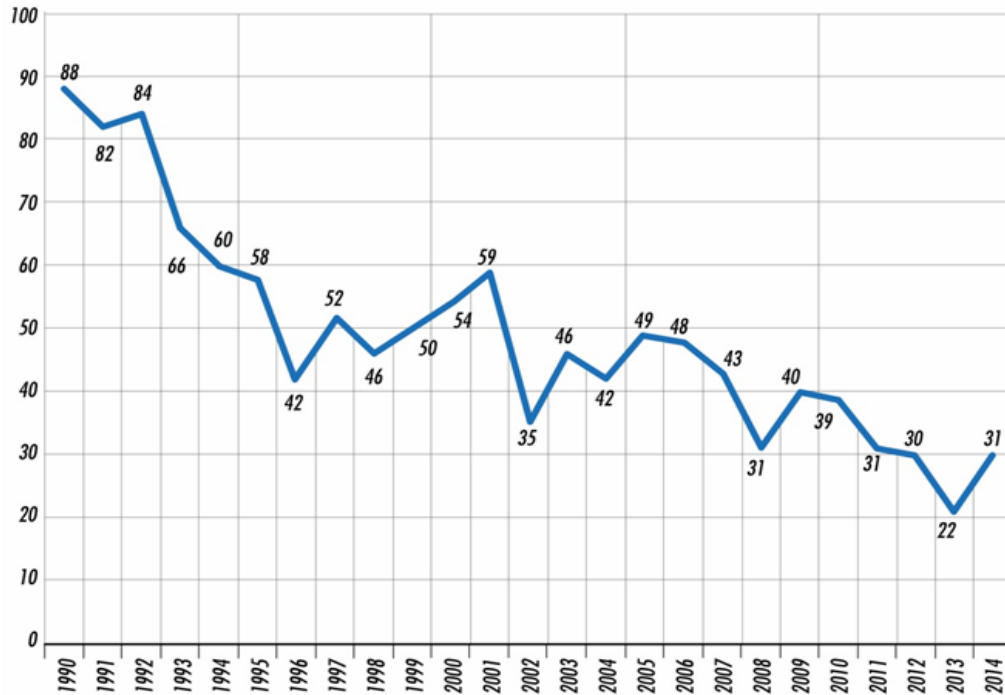


Figura 3-15: Evolución número de motoristas fallecidos en la ciudad de Barcelona

Fuente: Ajuntament de Barcelona 2015

3.4 Evolución de la accidentalidad de tránsito en las ciudades

3.4.1 Antes de los vehículos de motor de explosión

La historia del transporte es en buena medida la historia de la obstinación de los seres humanos para mejorar la seguridad de sus desplazamientos. A los poderes establecidos competía la tarea del mantenimiento del orden en las rutas de transporte, control de grupos hostiles, represión del vandalismo y de la piratería, etc. A la vez, a los técnicos y profesionales del transporte les correspondía la creación de vehículos e infraestructuras cada vez más seguros para el desarrollo de las actividades de transporte.

Así, el avance en la seguridad del transporte ha sido incesante a lo largo de la historia de la humanidad. En la era moderna la inseguridad intrínsecamente asociada al viaje se fue desvaneciendo y convirtiéndose en una actividad cada vez más segura, obtenida mediante la mejora tecnológica y el establecimiento de normas estrictas de operación de los sistemas de transporte. No obstante, este proceso histórico de ganancia de seguridad en el transporte se truncó a principios del siglo XX, con la aparición del automóvil. Tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes de transporte, que habían venido descendiendo lenta pero firmemente a lo largo de los siglos, se volvió a incrementar en los países en los cuales se introdujo el automóvil, en un ritmo que no se había visto nunca con anterioridad en la historia.

Entre los pocos datos históricos disponibles sobre la accidentalidad terrestre en la época anterior a la era automovilística se cuenta con algunos registros de Inglaterra y Gales hacia 1840, la mortalidad en accidentes de circulación en ambos territorios parece que se situaba por encima de los 1500 muertos al año, incluyendo caídas de caballos, atropellos y todo tipo de accidentes en carruajes. La aparición de nuevos vehículos no motorizados como la bicicleta, y sobre todo el ferrocarril, llevó también un espectacular incremento de la movilidad, pero al mismo tiempo ayudó a reducir la mortalidad: en 1870, ya con el ferrocarril ampliamente desarrollado, hubo unas 1.400 muertes en ambos territorios (Clapham, 1939).

El 1910 se registraron menos de 1.200 muertos en los transportes no motorizados y ferroviarios, a pesar del sensible incremento de población, y del rápido incremento de la movilidad individual. No obstante, hacia esta fecha, la cifra total de muertes por transporte terrestre ya había empezado a subir, rozando los 1.600, pues el recientemente introducido automóvil causó ese año unos 400 muertos, a pesar de su escasa difusión.

A partir de entonces, la escalada de muertes en el Reino Unido fue vertiginosa: el 1930 se registraron 3722 muertos solo de peatones atropellados por automóviles, y la mortalidad viaria siguió creciendo hasta que, a principios de la década de los 70, a las calles y carreteras del Reino Unido llegaron a morir 8.000 personas al año (Estevan, 2001).

Un proceso similar se fue registrando en todos los países que iban accediendo a la motorización masiva, el ritmo de la cual se aceleró después de la reconstrucción post bélica en los países del OCDE. En los años cincuenta, los muertos anuales en accidentes de tráfico en el mundo ya se contabilizaban por centenares de miles, pero estas cifras, circunscritas en su mayor parte a los países desarrollados, eran todavía muy modestas en comparación de lo que vendría poco después (UPC, 2009).

3.4.2 El motor de explosión

En efecto, en las últimas décadas del siglo XX, la entrada de los llamados países en desarrollo en el proceso de motorización masiva empezó a disparar las cifras de la accidentalidad vial. La combinación de un rápido aumento del parque de vehículos, con unos recursos muy limitados para seguridad, mantenimiento viario y vigilancia, empezó a hacer verdaderos estragos en amplias regiones de África, Asia y América Latina. Las reducciones de la accidentalidad que se consiguieron a partir de los años 80 en algunos países desarrollados resultaron insignificantes frente al incremento de la accidentalidad en los países en desarrollo.

Aunque las estadísticas de algunas regiones mundiales son poco fiables, parece que a mediados de la década de los ochenta ya se había superado el medio millón de víctimas mortales por año, a escala mundial. El 1990 se llegaba a los 700.000, y el informe de 1999 de la Organización Mundial de la Salud estimaba en 1.171.000 las muertes por accidentes de tráfico en todo el mundo el 1998 (OMS, Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, 2004).

Los accidentes de automóvil son ya la décima causa de muerte a nivel mundial, y la novena amenaza para la vida humana, según el indicador de "años potenciales de vida saludable perdidos", que utiliza la OMS para evaluar el daño global causado por una dolencia.

Además, hay que mencionar que las perspectivas para el futuro inmediato son todavía más sombrías. La Federación Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, en su Informe Mundial de Catástrofes de 1998, señalaba que en 2020, los accidentes de tráfico pueden llegar a situarse en tercer lugar entre todas las causas de muerte e incapacitación (International Review of The Red Cross, 1998).

En amplias regiones mundiales, se está perdiendo el control de esta situación. En China mueren ya diariamente más de 200 personas, a pesar de que el inmenso país está apenas iniciando su proceso de motorización. En el conjunto de los países en desarrollo, están registrados apenas un tercio del total de los automóviles del mundo, pero en ellos se acumulan más de las tres cuartas partes de los muertos mundiales, con una especial incidencia sobre los peatones (Estevan, 2001).

En los países en desarrollo, entre un 30 y un 50% de los muertos, según los países, son peatones o ciclistas que mueren atropellados por automóviles.

El primer accidente de tráfico sin colisión fue en 1896, en Irlanda: Mary Ward murió a los 42 años, el día 31 de agosto de 1896, después de caer de un vehículo con motor de vapor diseñado por su primo. Era una eminente científica y pionera en el campo de la microscopia y telecopia.

En el Reino Unido, la primera persona muerta por causa de un coche con motor de combustión fue Bridget Driscoll, de Croydon, Surrey, de 44 años y madre de dos hijos. Ocurrió el 17 de agosto de 1896, a la velocidad de 7 km/h. La velocidad fue calificada de tremenda y el médico forense aseguró que esto nunca más volvería a pasar (Soniak, 2012).



Figura 3-16: Primer accidente de tránsito por colisión.
Fuente: "Mental Floss".

Y el 12 de febrero de 1898 ocurrió la primera colisión fatal de un coche en el Reino Unido. Henry Lindfield, un hombre de negocios de 42 años estrelló su coche contra un árbol y murió horas más tarde al hospital de Croydon, al que se considera el primer conductor muerto a causa de un accidente de tráfico por colisión.

Los accidentes de tráfico siempre fueron considerados hechos accidentales, hasta que en EE. UU. y durante la década de los 60 del siglo pasado, William Haddon, médico, epidemiólogo e ingeniero, se hizo cargo de la Administración Nacional de Seguridad en Caminos y Carreteras, abordando el fenómeno desde la perspectiva de la salud pública.

Planteó el estudio en matriz, considerando las circunstancias del vehículo, de las personas y del entorno, antes, durante y después de la colisión. Generó las primeras medidas preventivas, de seguridad y demostró que los accidentes se podían evitar (Haddon, 1980).

De todos modos, en un poco más de un siglo, la industria del automóvil ha prosperado como nunca lo había conseguido ninguna actividad económica en la historia, pero este éxito industrial se ha conseguido a base de crear un problema sanitario, económico y humano de proporciones sin precedentes, que ya la accidentalidad de tráfico es, de

hecho, uno de los más graves problemas a los cuales tiene que enfrentarse globalmente la sociedad actual (Technology, 2006).

3.4.3 Democratización del uso particular de la movilidad

Para muchos ecologistas, el automóvil es el medio de transporte que más impactos provoca, el que resulta más caro y el que más energía consume. Puede ser útil para trayectos muy específicos que no sean cubiertos por ninguna línea de transporte público o para recorridos de puerta a puerta, así como para trayectos que tengan que realizarse a una gran velocidad por razones de urgencia. El coche es un medio de transporte rápido y flexible, puesto que atiende únicamente a los deseos de su conductor.

El principal problema del coche radica en su uso generalizado y desmesurado, que provoca la congestión e ineficiencia de todo el transporte viario. El automóvil es el medio de transporte que más energía consume por persona transportada y kilómetro recorrido, ya sea para tasas de ocupación máximas o para tasas de ocupación reales.

Su elevado consumo de energía, que lo sitúa como el medio de transporte más ineficiente, es la causa de sus mayores impactos y de su mayor coste económico, tanto para el usuario como para la sociedad. A la vez, es la causa de mayores impactos a escala global, como la contribución al cambio climático e impactos relacionados con la obtención y distribución de la energía que consume y agota, así como un aumento en la accidentalidad.

Los accidentes de tráfico constituyen la mayoría de los accidentes debidos al transporte, y de estos, el automóvil proporcionalmente es el medio que más muertos y heridos causa a la población (DGT, Siniestralidad Vial, 2010).

En los estudios presentados en el marco de las conferencias de las Naciones Unidas encontramos varias posiciones en cuanto al transporte urbano. Como principal y creciente problema se define el crecimiento del uso de los vehículos particulares motorizados en las ciudades, en cerca del 10% por año en muchos países en desarrollo, lo cual hace urgente la gestión de los sistemas de transporte urbano. Los costes ambientales del transporte motorizado también están creciendo. Según la Comisión Europea, las emisiones de CO₂ crecieron un 15,3% entre 1990 y 1997. En las ciudades de los países en vías de desarrollo, el transporte motorizado es el responsable de entre un 70 y 80% de la contaminación atmosférica. Pero son los costes humanos los que realmente han sufrido un ascenso impresionante.

Cada año mueren más de 500.000 personas en accidentes de tráfico, y se cree que son la causa de la tercera parte de incapacitaciones y de muertes prematuras (OEP-ESTT, 2011).

En el Estado español los accidentes de tráfico constituyen en la actualidad la quinta causa más frecuente de muerte. Pero es que, además, los accidentes de tráfico perjudican principalmente a la población joven, pues cada día mueren cuatro jóvenes

en accidentes de tráfico, según un informe de Tráfico y Seguridad Vial. Esta es la primera causa de muerte entre los jóvenes, por delante del sida y las drogas. De hecho, representan la principal causa de mortalidad de las personas de menos de 39 años (Vial, 2005).

En este sentido, Helmut Holzapfel caracteriza los efectos negativos del automóvil como algo muy similar a una guerra: en Alemania murieron entre 1953 y 1982 más de 440.000 personas y en los últimos 10 años sufrieron heridas graves unos 1,6 millones de personas (Holzapfel, 1997).

Esta importante siniestralidad presenta una fuerte repercusión urbana: más de la mitad del total de accidentes se producen en las ciudades. El número de heridos en accidentes de tráfico es en ciudad aproximadamente del 50%, igual que las muertes por atropello. La mayoría de los accidentes de moto también son preferentemente urbanos, aproximadamente un 76% del total.

La cifra total de víctimas en el año 2005, uno de los años con menores tasas de accidentalidad, llegó a más de 137.000 personas, con 4.442 personas muertas y 21.859 heridos graves. En el siguiente gráfico se muestra la evolución y la línea de tendencia de la accidentalidad de tráfico como causa de muerte en España entre 1980 y 1998.

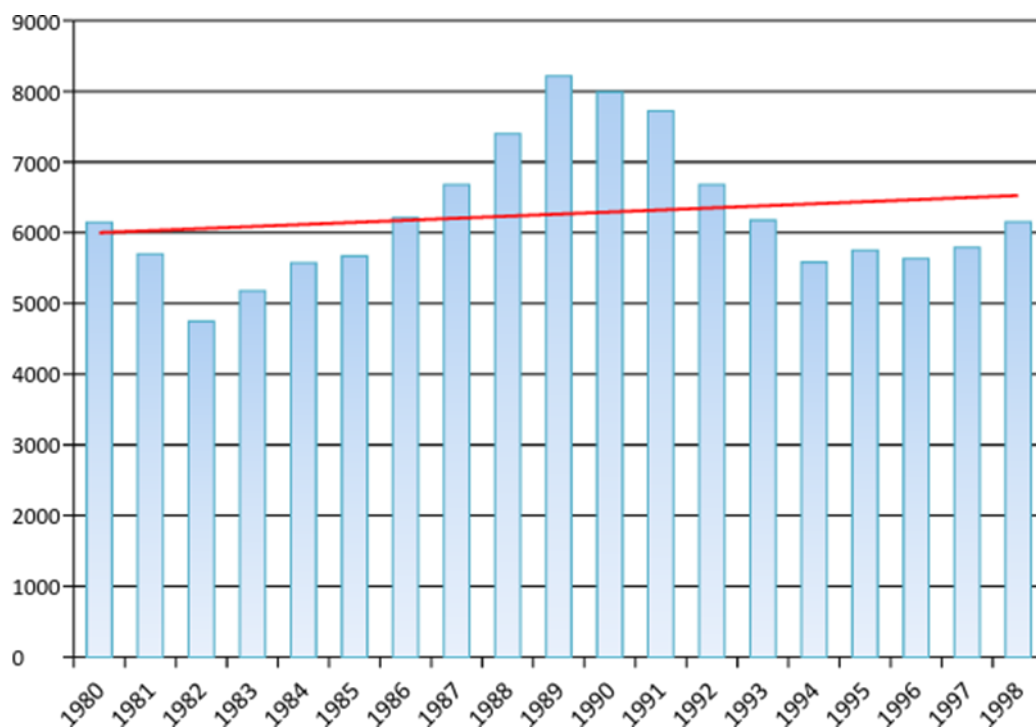


Figura 3-17: Evolución del número de muertes por accidentes de tráfico en España entre el 1980 y 1998.

Fuente: "Anàlisi quantitatiu de la velocitat dels vehicles a motor participants en atropellaments en zona urbana: modelització de la sensibilitat de la variable evitabilitat a les variacions de la velocitat específica del vehicle i de la velocitat màxima permesa de la via" de Cabrerizo, J., 2018. Tesis doctoral.

A todo esto, hay que sumarle también, que el coche tiene un efecto negativo sobre el transporte público y los medios no motorizados. La repercusión sobre el transporte público se debe tanto a la gran cantidad de espacio público que consume, como a las congestiones que produce.

Se trata de una competición desigual con los transportes públicos, donde el gran perdedor es el servicio público de autobuses ya que la calidad de su servicio ha empeorado y requiere, para ser mantenido, importantes inversiones públicas. En esta injusta competición, el autobús pierde potenciales viajeros que se pasan al automóvil, perpetuando el problema.

El efecto indirecto de esta situación es que, al mismo tiempo que el transporte público por carretera se encuentra desprestigiado, el metro y las cercanías son los únicos transportes públicos demandados por la sociedad a causa de su elevado grado de aceptación social. Y es que estos medios de transporte no tienen que competir contra el coche por el espacio público, gracias a lo cual garantizan un servicio de calidad. Pero conviene no olvidar que los dos requieren de unas importantes inversiones en infraestructura que se tienen que amortizar, y que solo resultan rentables a partir de una cantidad determinada de viajeros por día muy elevada.

El uso excesivo del automóvil, con su expansión urbana durante las últimas décadas, es también causante de la inhibición de los transportes no motorizados. Peatones y ciclistas no encuentran lugar en una ciudad hostil para ellos. Una ciudad diseñada para el coche, sin espacio ni facilidades para andar o pedalear, con miedo por atropello del automóvil y la contaminación que produce se combinan inhibiendo a peatones y ciclistas.

De forma que parece que el automóvil sea un medio de transporte difícil de democratizar, puesto que a medida que más gente lo utiliza, más ineficiente e inseguro se vuelve, tanto el propio automóvil como todo el sistema de transporte viario (Frame, 1999).

La motorización ha contribuido a la dispersión urbana y las ciudades han evolucionado con el objetivo de adaptarse al uso de los automóviles, lo cual ha implicado muchos efectos negativos para la vida y la cohesión social. Son necesarios cambios para gestionar el papel predominante del tráfico motorizado en los países industrializados. También son urgentes estos cambios en los países de ingresos bajos y medianos, en los cuales el nivel de motorización aumenta rápidamente. Las ciudades se han hecho cada vez más dependientes del transporte motorizado, puesto que se han expandido de una forma que favorece la dispersión urbana.

Se necesitan elementos de planificación y de diseño urbano que consigan una reducción del uso de los vehículos de motor y que promuevan los medios alternativos de transporte. Deberían tenerse en cuenta las necesidades de los peatones al diseñar el entorno urbano, de forma que las personas puedan andar o desplazarse en transporte público con facilidad a o desde el destino que deseen (Peatones: seguridad vial, espacio urbano y salud, 2009). Además, los diseñadores urbanos deberían intentar desarrollar entornos adaptados a los peatones que incluyan vías peatonales propicias para andar.

El número absoluto de defunciones por lesiones causadas por el tráfico y las tasas de mortalidad varían considerablemente entre las regiones del mundo. La Región del Pacífico Occidental de la Organización Mundial de la Salud registró el número absoluto más elevado de muertes en 2002, con algo más de 300.000 defunciones, seguida por la Región de Asia Sudoriental, que registró poco menos de 300.000 defunciones. Más de la mitad de todas las muertes causadas por el tráfico al mundo corresponde en estas dos regiones.

En cuanto a las tasas de mortalidad, la más elevada se registró en la Región de África de la OMS, con 28,3 por 100.000 habitantes en 2002, seguida de cerca por los países de ingresos bajos y medianos de la Región del Mediterráneo Oriental, con 26,4 por 100.000 habitantes.

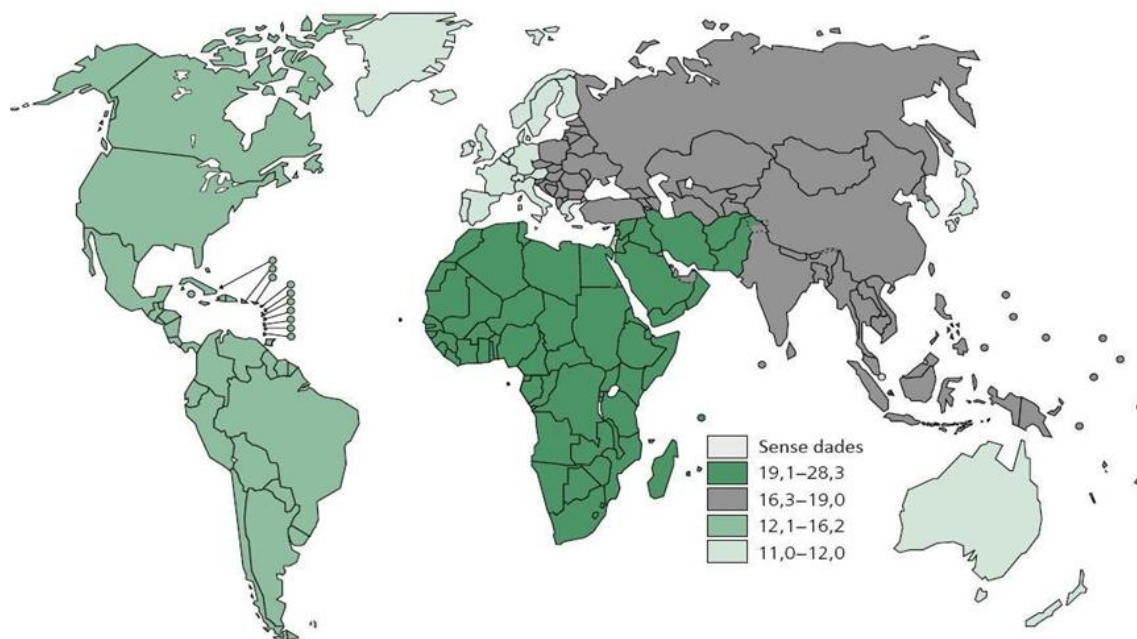


Figura 3-18: Tasas de mortalidad por traumatismo causado por accidente de tráfico (por 100.000 habitantes, por región de la OMS, 2002).

Fuente: OMS, proyecto Carga Mundial de Morbilidad, 2002.
de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

Los países europeos de ingresos altos presentan la tasa más baja de mortalidad por el tráfico (11,0 por 100.000 habitantes), seguidos por los de la Región del Pacífico Occidental de la OMS (12,0 por 100.000 habitantes). En general, las medias regionales en los países de ingresos bajos y medianos son mucho más elevados que las tasas correspondientes a los países de ingresos altos (OMS, 2004).

3.5 Participación de la mujer en la movilidad de PTW

En términos globales existe una mayor prevalencia en el pilotaje de PTWs por parte de los hombres en relación con las mujeres. En algunos entornos los factores culturales y de participación de la mujer en el mercado laboral son determinantes. Algunos modelos de motocicletas requieren una mayor exigencia física, debido a sus dimensiones, peso y condiciones de conducción; especialmente en los vehículos de cilindradas elevadas. A su vez la mayor exigencia física y la diferente percepción del riesgo que comporta el modo PTW también favorecen el mayor uso por parte de los hombres. Por lo que la resistencia fisiológica y percepción psicológica son factores que influyen en la elección del modo. (Lynch y Atkins, 1988).

La industria de la motocicleta ha intentado ampliar sus mercados, tradicionalmente de género masculino con una demanda de motocicletas de mediana y alta cilindrada, con un cierto componente de ocio, a un mercado femenino, que en un entorno urbano busca un vehículo de baja cilindrada, bajos costes, fácil manejo y reducidas dimensiones, configurándose el scooter como un modelo con alta captación del público femenino. En general, motocicletas y ciclomotores pueden ser una alternativa atractiva debido a su bajo coste y alta versatilidad (ACEM 2004).

El caso inverso lo tenemos en algunos países donde hay restricciones al trabajo femenino, e incluso en algunos no tenían permitido conducir. Dicha limitación reduce el agregado de desplazamientos. A partir de la abolición de la prohibición, se podrá constatar un incremento de la movilidad al ampliar la base de conductores potenciales.

Otro aspecto que se ha constatado es una gran dispersión entre ciudades en relación con el porcentaje de PTW propiedad de las mujeres. Dicha dispersión no es tan acusada en el caso de los automóviles. Así, hay ciudades como Barcelona en la que se constata un elevado porcentaje de PTW propiedad de las mujeres, y en cambio en otras es muy testimonial.

Ya en la encuesta de movilidad en España, Mobilia, realizada por el Ministerio de Fomento en 2001, el colectivo de población activa con 2,5 desplazamientos diarios de media era el que más influía en la intensidad de la movilidad, mientras que las personas dedicadas al hogar (mayoritariamente mujeres) solo realizaban del orden de 1,4 desplazamientos diarios. En ese año el colectivo de varones tenía una mayor proporción de ocupación y por tanto aportaba un mayor volumen de viajes. En aquel momento el estudio concluía que cuanto más participase la mujer en el mercado laboral, más aumentaría el número de desplazamientos en modos mecánicos, pudiendo por tanto tener una incidencia en el número de PTW. Y así se ha venido demostrando.

Así, en diferentes estudios comparativos llevados a cabo durante los últimos 20 años, la continua incorporación de la mujer en el mundo laboral y el crecimiento del número de desplazamientos relacionado con el desarrollo de actividades profesionales, no suponen un aumento del número de automóviles en Barcelona. En cambio sí se observa como conforme se incrementa el fenómeno de la incorporación de la mujer en el mundo

laboral, también aumenta el número de PTWs. Circunstancia que puede ser indiciaria de que la mujer que desarrolla una actividad laboral presione al alza el uso del vehículo motorizado de dos ruedas.

Se ha constatado la existencia de una correlación positiva (65 %) entre la evolución del porcentaje de población activa femenina sobre el total de la población activa y número de PTW (Pérez, 2018). Circunstancia que puede ser interpretada como que un aumento del número de mujeres trabajando puede llevar asociada una mayor utilización de motocicletas y ciclomotores. Aspecto que vuelve a incidir sobre la posible relevancia del factor mujer en el uso de la moto.

Dado el protagonismo que muestra en el uso de la moto, la participación de la mujer se debe de tener en consideración como variable, a la hora de explicar el fenómeno de la movilidad en PTW. Para ello, se considerará la participación de la mujer en la movilidad en base al porcentaje de PTW, cuyos propietarios son mujeres.

En España, según Datos de la Dirección General de Tráfico (DGT), en el año 2013 el 66 % de los automóviles son propiedad de hombres y el 34 % de mujeres. En el caso de los vehículos motorizados de dos ruedas las diferencias se amplifican: el 27 % de los vehículos motorizados de dos ruedas son propiedad de mujeres y el 73 % pertenecen a los hombres.

El factor “gender equality” es relevante en la igualdad y progreso, de modo que en las sociedades avanzadas una elevada participación de la mujer en las actividades socioeconómicas es explicativa en los indicadores de integración y avance social. En Barcelona, en los sesgos en transporte por género, se evidencia que las mujeres usan porcentualmente más el transporte público y menos el transporte privado. La reducción de las diferencias es un indicador de progreso social que incide en el incremento del uso global de los PTW.

Barcelona es la ciudad española con mayor porcentaje de mujeres propietarias de PTW: el 27 %, mientras que en otras metrópolis como Madrid sólo representan el 14 % (Figura 3-19).

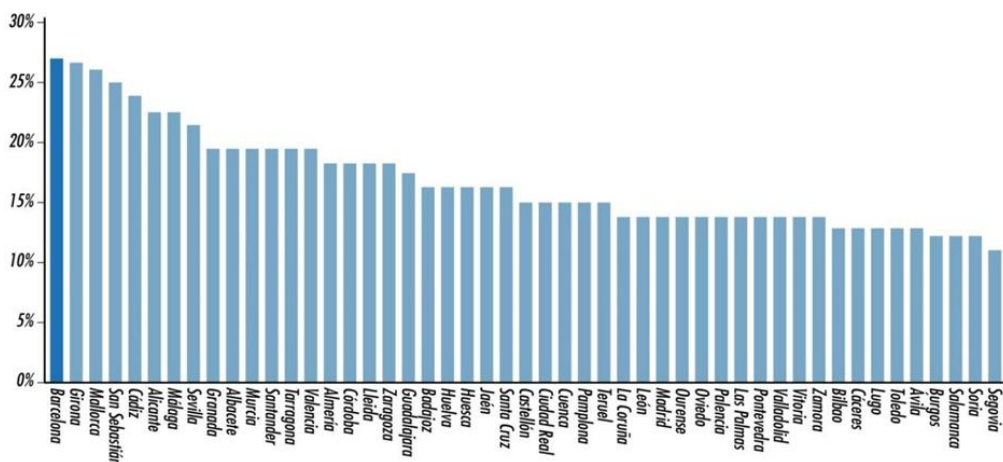


Figura 3-19: Porcentaje de PTWs cuyo titular es una mujer, por ciudades.

Fuente: “Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona” de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

Como causas de esta situación pueden señalarse el elevado carácter terciario y de servicios de la ciudad, el incremento de la elevada tasa de población activa femenina y las menores tasas de hijos por mujer. Todo ello conlleva un mayor número de desplazamientos de carácter laboral de las mujeres, una parte de los cuales se realizan en motocicleta. Por otro lado, las mujeres tienen una alta sensibilidad a la aversión del riesgo, de modo que las políticas de pacificación del tránsito han mejorado la percepción en la seguridad de la conducción y favorecido el uso de este tipo de vehículos por el colectivo de las mujeres. Y la mayor participación de la mujer en el uso de los PTW motocicleta es un factor que completa la explicación del elevado número de motocicletas en la ciudad de Barcelona (Pérez, 2018).

La siguiente gráfica muestra la evolución del peso de la participación de las mujeres en el mercado laboral en la ciudad de Barcelona (Figura 3-20). Se constata la existencia de una continua tendencia ascendente, habiendo llegado incluso a representar del orden del 50 % de la población activa.

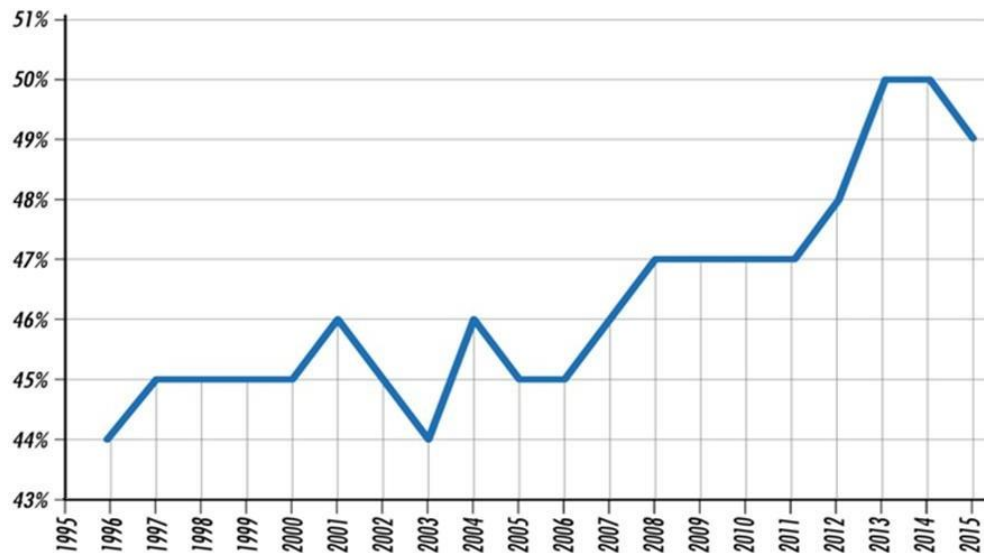


Figura 3-20: Porcentaje de mujeres del total de la población activa.

Fuente: INE 2016

4 Estimación de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona

4.1 Propietarios

Durante el periodo de los últimos 20 años, la continua incorporación de la mujer en el mundo laboral y el crecimiento del número de desplazamientos relacionado con el desarrollo de actividades profesionales supone un aumento en el número de PTWs, cosa que no sucede con el número de automóviles (Perez, 2018).

Mediante una solicitud al Departamento de Estadística de la Jefatura Provincial de Tráfico de Barcelona de la DGT, se ha podido obtener la documentación histórica del número de vehículos motorizados de dos ruedas y el porcentaje de género de propietarios de PTW en Barcelona, así como el porcentaje de las demás ciudades (Figura 4-1) y el general de España.

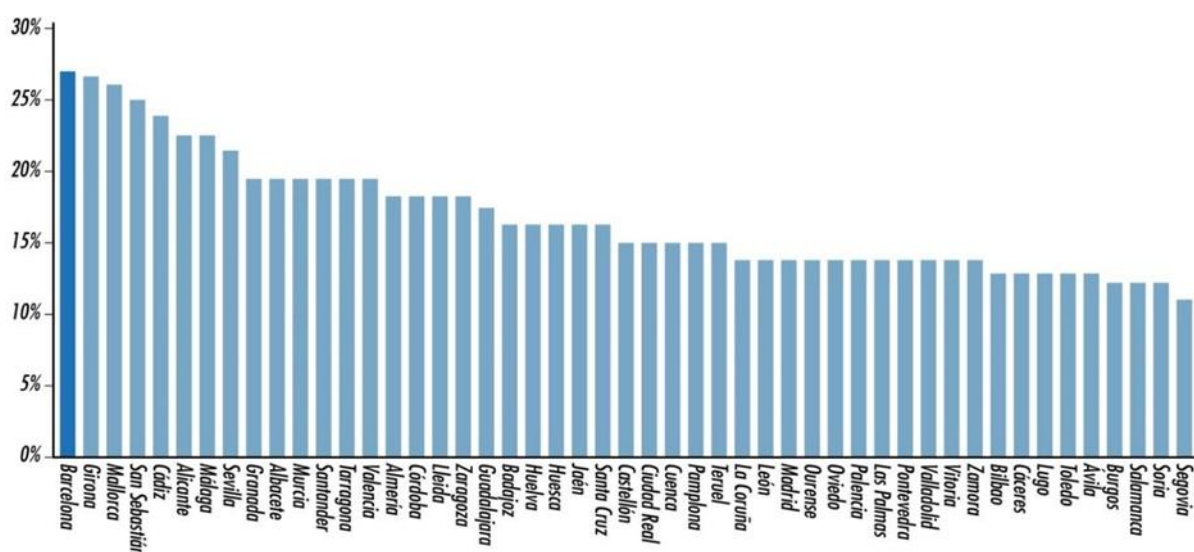


Figura 4-1: Porcentaje de PTWs cuyo titular es una mujer, por ciudades.

Fuente: "Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona" de Pérez, F., 2018. Tesis doctoral.

En España, en el año 2013, el 66 % de los automóviles son propiedad de hombres y el 34 % de mujeres. En el caso de los vehículos motorizados de dos ruedas las diferencias se amplifican: el 20 % de los vehículos motorizados de dos ruedas son propiedad de mujeres y el 80 % pertenecen a los hombres.

Comparando estos valores nacionales con Barcelona, la ciudad española con mayor representación de mujeres en el sector de PTW, se puede ver la gran diferencia y porque es de gran interés hacer este estudio en esta ciudad. Como se puede observar (Figura 4-

1), en Barcelona en el año 2013, las mujeres representan un 27% de los propietarios de PTW y los hombres un 73%.

No obstante, para la realización de este estudio, no es suficiente con saber los porcentajes de propietarios. Para poder realizar el estudio de forma veraz y precisa, se tiene que poder estimar con suficiente precisión la proporción de usuarios de PTW por km según su género y tipología de PTW (ciclomotor o motocicleta).

4.2 Diferentes formas de la estimación de la proporción de usuarios de PTW por km según su género y tipología

Para lograr una muestra homogénea y muy representativa de la proporción de usuarios de PTW por km según su género y tipología, es necesario hacer un estudio en diferentes calles de diferentes zonas de Barcelona, durante diferentes días de la semana y durante diferentes franjas horarias. En este estudio se tiene que registrar los diferentes tipos de PTW que van circulando por las calles y el género de su conductor.

En un principio se pensó que la única forma de llevar a cabo este estudio sería haciéndolo en la calle de forma presencial. No obstante, finalmente se encontraron formas más novedosas y ágiles de ejecutarlo. A continuación, se enumeran y describen las diferentes formas encontradas para llevar a cabo el estudio:

4.2.1 De forma presencial

Esta es la forma en cómo se han llevado a cabo hasta hace pocos años la gran mayoría de estudios. Consiste en ir presencialmente por los diferentes lugares donde hay que realizar el estudio e ir registrando todo el muestreo. Esta forma, suele ser muy laboriosa y necesita de una gran cantidad de tiempo si se quiere ejecutar de forma precisa y conseguir una gran cantidad de datos.

Para este estudio, habría que ir por diferentes calles de diferentes zonas de Barcelona, durante diferentes días y diferentes franjas horarias en cada zona registrando durante un rato los diferentes tipos de PTW que circulen y el género de su conductor.

4.2.2 Utilizando Google Street View

Google Street View es una prestación de Google Maps y de Google Earth que proporciona panorámicas a nivel de calle (360 grados de movimiento horizontal y 290 grados de movimiento vertical), permitiendo a los usuarios ver partes de las ciudades seleccionadas y sus áreas metropolitanas circundantes. Se introdujo, en primer lugar, en los Estados Unidos el día 25 de mayo de 2007. Cuando se lanzó el servicio, sólo cinco ciudades estadounidenses estaban incluidas. Desde entonces se ha expandido a 31 países europeos, 10 latinoamericanos, 17 asiáticos, 5 africanos y la Antártida.

Se puede navegar a través de estas imágenes utilizando los cursores del teclado o usando el ratón. Además, en mayo de 2009 se introdujo una novedad de navegación en la aplicación, basada en los datos proporcionados por la tecnología láser, que permite una navegación más rápida a lo largo del recorrido.

Utilizando esta prestación de Google Maps y Google Earth, se puede realizar este estudio, así como estudios similares sin la necesidad del trabajo de campo. Realizar este

estudio con Street View, es tan sencillo como navegar con Street View por las calles de interés e ir registrando los diferentes PTW y el género de su conductor.

Haciendo esto, se puede llevar a cabo el mismo estudio obteniendo la misma precisión y veracidad que se obtendría realizando el estudio de forma presencial. Sin embargo, usando Street View se tarda mucho menos tiempo y no hace falta más que un dispositivo con conexión a internet y la aplicación de Google Maps o Google Earth.

4.2.3 Utilizando Inteligencia Artificial (IA)

El rápido ritmo de los desarrollos en Inteligencia Artificial (IA) brinda oportunidades sin precedentes para mejorar el desempeño de diferentes industrias y negocios, incluido el sector del transporte. Las innovaciones introducidas por IA incluyen métodos computacionales altamente avanzados que imitan la forma en que funciona el cerebro humano. La aplicación de IA en el campo del transporte tiene como objetivo superar los desafíos de una creciente demanda de viajes, emisiones de CO₂, problemas de seguridad y degradación ambiental.

Habiendo disponibilidad de una gran cantidad de datos cuantitativos y cualitativos y teniendo en esta era digital acceso a la IA, abordar estas preocupaciones de una manera más eficiente y efectiva se ha vuelto más plausible. Los ejemplos de métodos de IA que están llegando al campo del transporte incluyen Artificial Neural Networks (ANN), Genetic algorithms (GA), Simulated Annealing (SA), Artificial Immune system (AIS), Ant Colony Optimiser (ACO) y Bee Colony Optimization (BCO) y también Fuzzy Logic Model (FLM) (*Abduljabbar, Rusul, Hussein, Sohani y Saeed, 2019*).

Entre otras aplicaciones, la Inteligencia Artificial ya está integrada en el control del tráfico, teniendo la capacidad de detectar la presencia de vehículos mediante el reconocimiento con cámaras. Por lo que utilizando esta tecnología actual y haciéndola progresar hasta el punto de que sea posible también reconocer el género del conductor, sería otra forma de llevar a cabo este estudio.

No obstante, aunque para este trabajo de final de grado, este método no es viable debido a la fuerte inversión económica necesaria en cámaras, otros diferentes dispositivos y diferentes conocimientos necesarios para la operatividad de IA, en un futuro es un campo que tiene mucho potencial para llevar a cabo entre otras cosas estudios de este tipo.

4.3 Muestreo obtenido utilizando Street View

Atendiendo a las tres diferentes formas de ejecutar el estudio descritas anteriormente, se observa que solo es viable para este trabajo llevar el estudio de forma presencial o mediante el uso de Street View (la prestación de Google Maps o Google Earth). Finalmente se decidió usar Street View debido a su optimización de tiempo y de recursos.

No obstante, se iba a ejecutar el estudio, hablando con la empresa UPRA S.L. con el fin de ampliar la documentación para este trabajo, está me comunicó que ya había realizado un estudio idéntico y que no tenía problemas en compartirlo (hecho que agradezco enormemente).

Para este estudio, hay que ir por diferentes calles de diferentes zonas de Barcelona, durante diferentes días y diferentes franjas horarias en cada zona registrando los diferentes tipos de PTW que circulan y el género de su conductor.

Utilizando Street View, como son imágenes tomadas en diferentes días y diferentes franjas horarias, solo hace falta tomar muestras por diferentes zonas de Barcelona de la forma más homogénea posible.

Por lo tanto, este estudio se llevó a cabo por diferentes calles de los 11 barrios de Barcelona, exactamente los siguientes:

- Sant Gervasi
- Sants
- Horta-Guinardo
- Ciutat Vella
- Gracia
- Les Corts
- Nou Barris
- Sant Andreu
- Sant-Martí
- Sants-Montjuic
- Rondas

En el muestreo que compartió UPRA S.L., se tomaron un total de 453 muestras. Estas muestras fueron catalogadas según el barrio donde se habían tomado y se indicaba en cada una el tipo de PTW y el género del conductor.

Cada muestra esta acompañada de una captura de pantalla donde se aprecia perfectamente el vehículo muestra con su conductor (Figura 4-2).

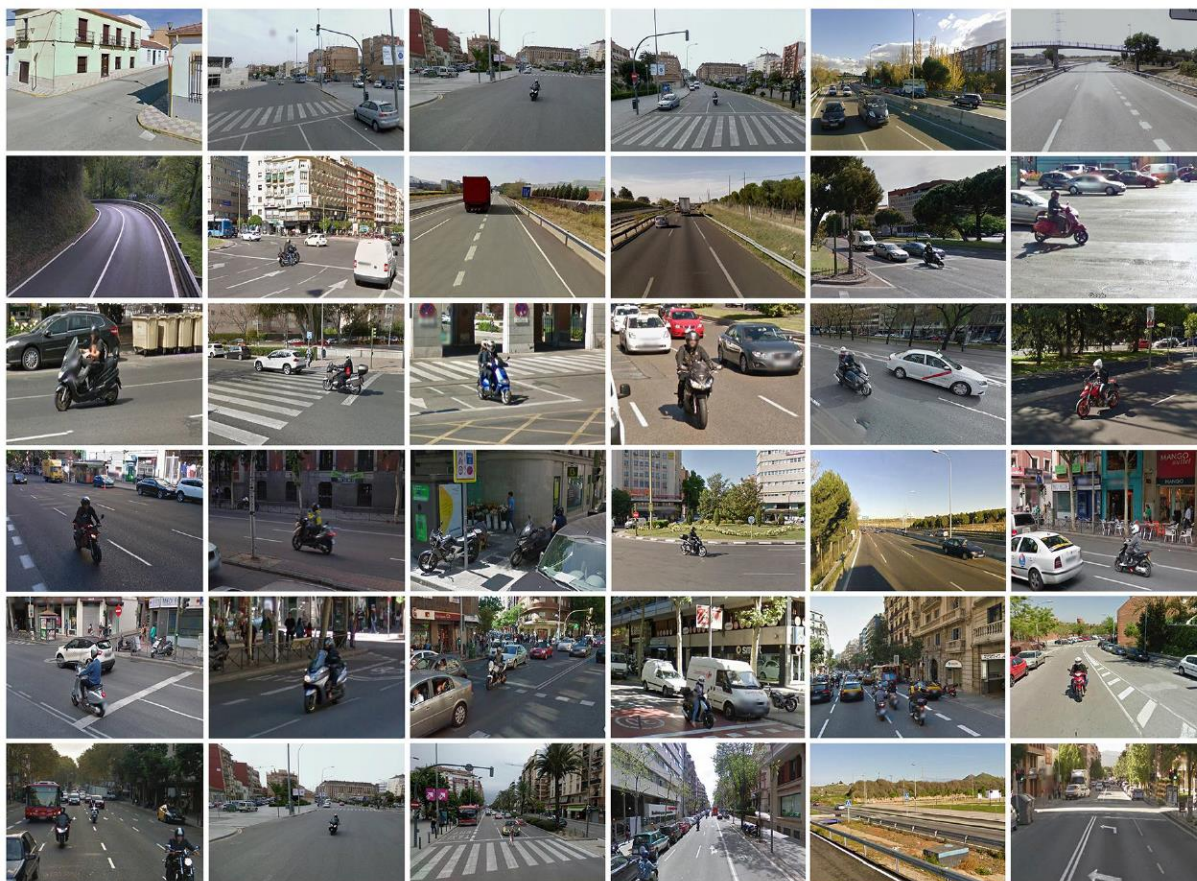


Figura 4-2: Ejemplo de las capturas de pantalla de diferentes muestras del estudio facilitado por UPRA S.L.
Fuente: UPRA S.L.

Tratando todo el grupo de muestras de este estudio, se pudieron obtener los siguientes datos:

	Hombres	Mujeres	Hombres (%)	Mujeres (%)
Ciclomotor	39	25	60,94	39,06
Motocicleta	326	60	84,46	15,54
Total	365	85	81,11	18,89

Tabla 4-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.
Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

Según los datos facilitados por la DGT, un 27% de propietarios de PTW son mujeres y un 73% hombres. En cambio, en este estudio tal y como se aprecia en esta tabla 4-1, el 18,9% de usuarios por km del global de los PTW son mujeres, mientras el 81,1% son hombres.

Por otro lado, si se estudia según la tipología de PTW (en este caso, debido a la falta de datos de otros tipos de PTW, solo se diferencia entre ciclomotores y motocicletas), se observa lo siguiente:

- Para ciclomotores el porcentaje de usuarios por km está formado por un 60,9% de hombres y un 39,1% de mujeres.
- Para motocicletas el porcentaje de usuarios por km está formado por un 84,5% de hombres y un 15,5% de mujeres.

Este hecho muestra una clara preferencia de las mujeres para los ciclomotores.

	Ciclomotor	Motocicleta	Ciclomotor (%)	Motocicleta (%)
Hombres	39	326	10,68	89,32
Mujeres	25	60	29,41	70,59

Tabla 4-2: Porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

En la tabla 4-2 se muestra el porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW. En esta tabla se puede apreciar de mejor forma la preferencia de los hombres para las motocicletas y de las mujeres para los ciclomotores

Las diferencias entre ciclomotor y motocicleta son las siguientes:

- Los ciclomotores tienen menos potencia que las motocicletas.
- Las motocicletas necesitan como mínimo de carné de conducir tipo B o A1, mientras los ciclomotores solo necesitan de un carné tipo AM (menos exigente que los necesarios para motocicleta).
- Las motocicletas tienen mayor coste económico que los ciclomotores.
- Las motocicletas alcanzan mayores velocidades.
- Los ciclomotores tienen generalmente menos autonomía y tienen restringido el acceso a varios tipos de carreteras.
- Los ciclomotores suelen estar implicados en accidentes de menor gravedad que las motocicletas.

Por lo tanto, esta preferencia de las mujeres hacia los ciclomotores y de los hombres hacia las motocicletas podría estar relacionada con alguna o varias de estas diferencias entre ciclomotor y motocicleta.

Entender estas diferentes preferencias de las mujeres y de los hombres, podría ser interesante para una futura línea de investigación.

4.4 Verificación de la representatividad del muestreo

La característica más trascendente de una muestra es la representatividad. El muestreo obtiene todo su sentido en tanto que garantiza que las características que se quieren observar en la población quedan expresadas apropiadamente en la muestra. De manera que generalizar a la población desde la muestra sólo está justificado si ésta representa realmente a la población. Preservar la representatividad es el atributo más importante que debe reunir el muestreo, lo que nos permitirá generalizar a la población los resultados obtenidos en la muestra (*La Torre, Rincón y Arnal, 2013*).

Para lograr la representatividad se requiere lo siguiente (*Fox, 1990*):

- Conocer qué características (variables) están relacionadas con el problema que se estudia.
- Capacidad para medir esas variables.
- Poseer datos de la población sobre estas características o variables para usarlos como variable de comparación.

Ahora bien, si no se ha logrado suficiente representatividad en una o varias variables, el investigador tiene dos opciones:

- Trabajar con la muestra no representativa y contar con ese límite.
- Seleccionar más elementos de la población, con la esperanza de que una muestra mayor sí sea representativa, aunque el estudio tenga una muestra mayor de búsqueda inicialmente.

Por lo tanto, es indispensable para este estudio verificar si este tiene la suficiente representatividad. Para cierto tamaño de un universo estudiado, hará falta una cierta cantidad de muestras para que este sea lo suficientemente representativo.

El tamaño del universo viene a ser la cantidad total de partes por la que está constituido ese universo. Por ejemplo, si se quisiera coger como universo la población de Barcelona, el tamaño del universo sería actualmente de alrededor de 1.600.000 de personas.

El tamaño de la muestra, es la cantidad de muestras que hace falta obtener para garantizar la suficiente representatividad según unas condiciones. Estas condiciones son el nivel de confianza y el margen de error que se deseara obtener.

El nivel de confianza expresa la certeza de que realmente el dato que se estudia esté dentro del margen de error. Lo que deseamos es que en otras muestras semejantes los resultados sean los mismos o muy parecidos por lo que también podemos denominarlo grado o nivel de seguridad. El nivel de confianza habitual es de un 95%, siendo mejor como más superior sea. Esto indica que si repitiésemos 100 veces el mismo estudio seleccionando muestras aleatorias del mismo tamaño, 95 veces la proporción que se busca estaría dentro del intervalo y 5 veces fuera.

Por lo que se refiere al margen de error, este es un porcentaje que indica en qué medida se puede esperar que los resultados de un muestreo reflejen realidad del universo estudiado. Entre más pequeño sea el margen de error, más cerca estarás de tener la respuesta correcta en un determinado nivel de confianza. Normalmente suele ser aceptado un margen de error de un 5% o inferior como como indicador de suficiente representatividad del muestreo.

Por lo tanto, se entenderá para este estudio que hay suficiente representatividad en el muestreo si, el nivel de confianza de la muestra es del 95% o superior y el margen de error es inferior al 5%.

Dicho esto, el tamaño necesario del muestreo o tamaño de la muestra se calcula con la siguiente formula (Badii Zabeh 2008):

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2 \cdot N} \right)}$$

Siendo:

- N: Tamaño del universo estudiado.
- e: Margen de error (porcentaje expresado con decimales).
- p: Varianza de la población.
- z: Valor de Z correspondiente al nivel de confianza.

Para nuestro tamaño del universo usaremos el número de propietarios de vehículos PTW en Barcelona facilitado por la DGT. Este tamaño es de 300.000 propietarios y el margen de error como se ha dicho anteriormente de un 5% (en la formula lo entraremos como 0,05).

El símbolo p es un indicador de la posible varianza en las muestras. Hay el símbolo p y otro símbolo que no consta en esta fórmula que es q (q=1-p). Estos símbolos son:

- p = proporción de respuestas en una categoría (síes, respuestas correctas, unos en la codificación usual).
- q = proporción de repuestas en la otra categoría (noes, ceros en la codificación usual).

La varianza en los ítems dicotómicos (dos respuestas que se excluyen mutuamente) es igual a pq y la varianza mayor (la mayor diversidad de respuestas) se da cuando p=q=50 (la mitad de los sujetos son mujeres y la otra mitad son hombres).

El suponer que p=q quiere decir que para escoger la muestra nos ponemos en la hipótesis de que en el universo hay la máxima diversidad posible: un 50% son mujeres y

el otro 50% son hombres, de esta manera, y por lo que respecta a la varianza del universo, no se correrán riesgos de quedarse cortos en el número de muestras. Por lo tanto, el valor de p será 0,5 (Morales, P. V., 2012).

Finalmente, el valor de z correspondiente al nivel de confianza es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media. El valor de z en función del valor de nivel de confianza deseado (en este caso 95%) es de 1,96, como se puede ver en la tabla 4-3.

Nivel de confianza	Valor z
80 %	1.28
85 %	1.44
90 %	1.65
95 %	1.96
99 %	2.58

Tabla 4-3: Valor de z en función del nivel de confianza.

Fuente: Elaboración propia a partir de (García-García, Reding-Bernal y López-Alvarenga, 2013).

Así pues, la formula queda:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{1.96^2 \cdot 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 \cdot 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 \cdot 300000} \right)} = 384$$

Como 384 es inferior al tamaño de muestra de este estudio que es 453, podemos concluir que el muestreo facilitado por UPRA S.L. es suficientemente representativo para poder desarrollar este estudio de forma veraz (ver figura 4-4). No obstante, a continuación se procede a calcular el margen de error real de este estudio para un nivel de confianza del 95%.

$$453 = \frac{\frac{1.96^2 \cdot 0.5(1 - 0.5)}{e^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 \cdot 0.5(1 - 0.5)}{e^2 \cdot 300000} \right)} \rightarrow e = 0.046$$

Por lo tanto el margen de error para este estudio con el muestreo actual (4.6%) es mejor al necesario (ver figura 4-3).

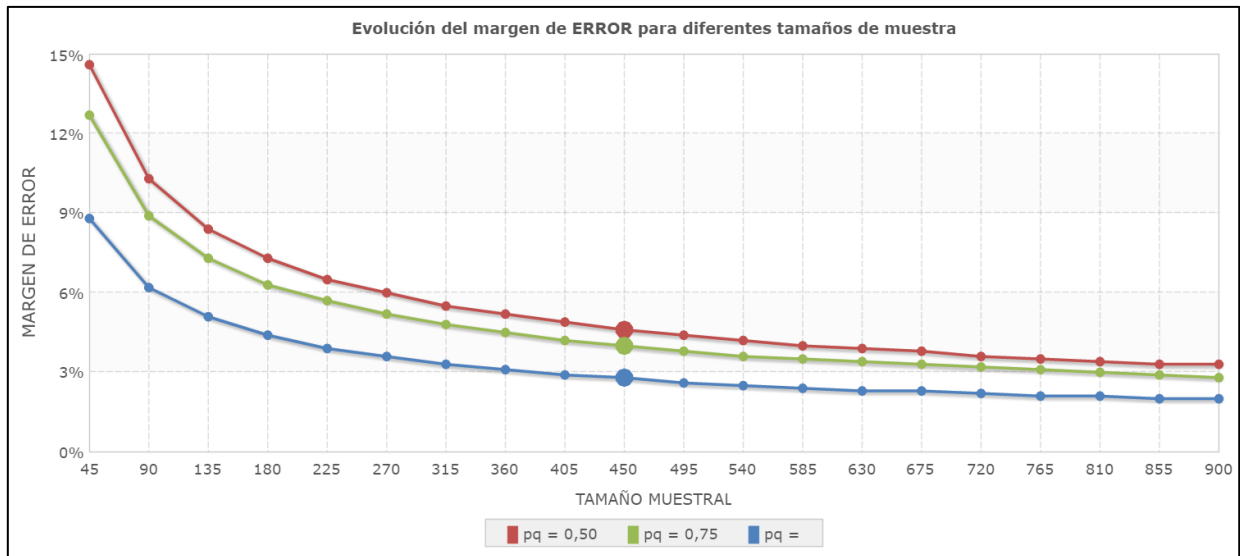


Figura 4-3: Evolución del margen de error para diferentes tamaños de muestra.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4-4: Evolución de la muestra necesaria para diferentes márgenes de error.
Fuente: Elaboración propia.

5 HIPOTESIS 1: Con PTW en Barcelona las mujeres recorren proporcionalmente menos distancia que los hombres

5.1 Comparación de datos

Según los datos facilitados por la DGT, un 27% de propietarios de PTW son mujeres y un 73% hombres. En cambio, en este estudio tal y como se aprecia en la tabla 5-1, el 18,9% de usuarios por km del global de los PTW son mujeres, mientras el 81,1% son hombres.

	Propietarios (%)	Usuarios (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Mujeres	27	18,9	-8,1	-30
Hombres	73	81,1	8,1	11,09589041

Tabla 5-1: Diferencia entre el porcentaje de usuario/km y propietarios.
Fuente: Elaboración propia.

Si los hombres y las mujeres recorrieran de forma proporcional la misma distancia, la proporción de usuarios/km debería ser igual a la proporción de propietarios. Como se observa en la tabla 5-1, esto no sucede. Según los datos obtenidos, la proporción de usuarios/km en mujeres es un 30% inferior al de propietarios, mientras que en el caso de los hombres, la proporción de usuarios/km es un 11,1% superior.

Según estos resultados, por Barcelona, las mujeres recorrerían menos distancia con PTW que los hombres. No obstante, por sí solos estos datos no son suficientes para verificar la hipótesis 1 planteada en este trabajo. Para verificarla es necesario hacer un contraste de hipótesis.

5.2 Contraste de hipótesis

En la planificación de un estudio para estimar diferencias entre las proporciones de las poblaciones a las que pertenecen dos grupos o para calcular si el valor de la proporción observada en un grupo difiere del valor que se esperaría encontrar en una población determinada (valor observado frente a valor esperado), se tiene que estimar el tamaño de muestra necesario en función de:

- Los valores de las proporciones de los grupos en estudio.
- El nivel de confianza.
- La potencia.

Normalmente el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que generalmente se usan valores del 80% para la potencia.

5.2.1 Formulación de las hipótesis

Para comparar la proporción observada en un grupo (usuarios/km de PTW en Barcelona) con una proporción esperada (propietarios PTW en Barcelona), se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(0) < P(1)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(1)$ la proporción de mujeres propietarias de PTW y $P(0)$ la proporción de usuarias/km de PTW.

La hipótesis 1 de este trabajo se verificará siempre y cuando la H_0 planteada sea rechazada.

5.2.2 Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 1

En este caso, se precisa hacer la comparación de una proporción observada con la proporción esperada. Siendo también, la formulación de las dos hipótesis planteadas anteriormente (H_0 y H_1) un contraste unilateral, la formula a utilizar para calcular el tamaño mínimo de muestra necesaria es la siguiente (Ogston 1991):

$$n = \frac{\left[Z_{\alpha} \sqrt{P_0(1 - P_0)} + Z_{\beta} \sqrt{P_1(1 - P_1)} \right]^2}{(P_0 - P_1)^2}$$

donde:

- Z_{α} : Valor de Z para un nivel de confianza $NC=1-\alpha$
- Z_{β} : Valor de Z para un nivel de potencia $P=1-\beta$
- P_1 : Proporción observada (muestra)
- P_0 : Proporción esperada (universo)

En la tabla 5-2 se muestra el significado de α y β y los posibles tipos de error de un contraste de hipótesis.

	H₀ VERDADERA	H₀ FALSA
ACPTAR H₀	NO ERROR ($NC=1-\alpha$)	ERROR TIPO II (β)
RECHAZAR H₀	ERROR TIPO I (α)	NO ERROR ($P=1-\beta$)

Tabla 5-2: Tipos de error de un contraste de hipótesis.
Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Nivel de confianza} \rightarrow NC = 1 - \alpha$$

$$\text{Potencia} \rightarrow P = 1 - \beta$$

A partir de la tabla 5-2, se puede entender la importancia de que α y β sean próximos a 0, mientras que la potencia y el nivel de confianza interesa que sean lo más próximos a 1.

Como se ha dicho anteriormente, normalmente el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que generalmente se usan valores del 80% para la potencia. Si se utilizan estos valores, el tamaño de muestra mínimo necesario para poder rechazar H_0 y así verificar la hipótesis 1 de este trabajo es:

$$n = \frac{\left[1.645 \sqrt{0.27(1 - 0.27)} + 0.842 \cdot \sqrt{0.189 \cdot (1 - 0.189)} \right]^2}{(0.27 - 0.189)^2} = 172$$

Siendo para $NC = 0.95 \rightarrow Z_{\alpha} = 1.645$ y para $P = 0.8 \rightarrow Z_{\beta} = 0.842$. Fuente: Tabla de distribución normal.

No obstante, el tamaño de muestra conseguido no solo cumple estos requisitos, si no que también se verifica para un nivel de confianza del 99% y una potencia del 95%:

$$n = \frac{\left[2.3267 \cdot \sqrt{0.27(1 - 0.27)} + 1.645 \cdot \sqrt{0.189 \cdot (1 - 0.189)} \right]^2}{(0.27 - 0.189)^2} = 429$$

Siendo para $NC = 0.99 \rightarrow Z_{\alpha} = 2.3267$ y para $P = 0.95 \rightarrow Z_{\beta} = 1.645$. *Fuente: Tabla de distribución normal.*

Por lo tanto, teniendo el estudio un tamaño de muestra de 453, se puede rechazar H_0 con un nivel de confianza de al menos un 99% y una potencia de al menos un 95 %.

Así pues, **se verifica la hipótesis 1** de este trabajo: Con PTW en Barcelona las mujeres recorren proporcionalmente menos distancia que los hombres.

6 HIPOTESIS 2: En Barcelona con PTW las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres

6.1 Obtención de datos

6.1.1 Estudio 1: Proporción de género de los usuarios de PTW por km y según la tipología de PTW

Para verificar la hipótesis 2 de este trabajo, será necesario utilizar los resultados obtenidos en el estudio de la proporción de género de los usuarios de PTW por km y según la tipología de PTW.

	Hombres	Mujeres	Hombres (%)	Mujeres (%)
Ciclomotor	39	25	60,94	39,06
Motocicleta	326	60	84,46	15,54
Total	365	85	81,11	18,89

Tabla 6-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

Estos resultados serán comparados con la proporción en el género de los conductores implicados en todos los accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y también diferenciando según la tipología de PTW.

6.1.2 Estudio 2: Proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y que han resultado heridos o muertos

En el Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona, se pueden encontrar 5 bases de datos para cada año de los accidentes ocurridos en Barcelona. En estás 5 bases de datos para cada año se puede encontrar diferente tipología de información de cada accidente ocurrido. Estas tipologías son:

- Información general del accidente (N.º vehículos, N.º lesionados, etc.)
- Información de los vehículos implicados en el accidente.
- Causas del accidente.
- Tipología del accidente.
- Información de víctimas y/o lesionados y su gravedad.

Para este estudio, se usarán las bases de datos des del año 2014 al año 2018. En total suman más de 5 millones de datos (Big Data). No obstante, a pesar de la gran cantidad de información surgen dos problemas:

- El primer problema es que no se especifica el conductor causante del accidente, por lo que en este estudio se analizarán los conductores implicados en un accidente.
- El segundo problema es que solo hay información de lesionados o víctimas.

Por estos motivos, el estudio analizará la proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.

Para tratar tal cantidad de datos, se ha usado el programa Excel y empleando con él diferentes macros. Los datos obtenidos referentes a este estudio son:

	CICLOMOTOR						
	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	Proporción (%)
Hombre	542	608	502	532	428	522,4	58,46
Mujer	374	439	383	337	323	371,2	41,54
TOTAL	916	1047	885	869	751	893,6	100

Tabla 6-2: *Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.*

Fuente: *Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.*

	MOTOCICLETA						
	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	Proporción (%)
Hombre	3898	3640	3971	3787	3932	3845,6	76,38
Mujer	1122	1075	1268	1245	1235	1189	23,62
TOTAL	5020	4715	5239	5032	5167	5034,6	100

Tabla 6-3: *Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.*

Fuente: *Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.*

Para este estudio no es necesario verificar la representatividad del muestreo. Esto es debido a que se ha cogido todo el universo y por lo tanto el nivel de confianza (NC) es del 100% y el margen de error (e) es del 0%.

6.2 Comparación de datos

En este apartado del trabajo se quiere verificar si en Barcelona las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres. Para ello se procederá a comparar el estudio de la proporción en el género de los usuarios de PTW por km en Barcelona (estudio 1), y el estudio de la proporción del género de los conductores involucrados en accidentes (estudio 2).

Si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes por igual y hay un porcentaje X de usuarios hombres y un porcentaje Y de usuarios mujeres, la proporción en la cantidad de accidentes provocados por conductores hombres y mujeres sería también X e Y respectivamente.

No obstante, debido a que el estudio 2 es en función de los conductores involucrados en accidentes en vez de en función de los conductores causantes de los accidentes, se deberá verificar si seguirá habiendo esta relación de X e Y.

En la tabla 6-1, se indica que para ciclomotor el porcentaje de usuarios por km de hombres es 60,94% (0.6094) y de mujeres es 39.06% (0.3906). Así pues, se procede a calcular la probabilidad de cada tipo de accidente, es decir si todos los conductores son hombres, son mujeres o el accidente es mixto. Si la relación de X e Y se mantiene para un accidente entre dos vehículos, se mantendrá para un accidente con más vehículos involucrados.

Se calcula para ciclomotores, si los valores de las proporciones de hombre y mujer no son diferentes a los de la tabla 6-4, se verificará también para motocicletas, pues es el mismo caso.

$$H \cap H \rightarrow 0.6094 \cdot 0.6094 = 0.37136;$$

$$H \cap D \rightarrow 0.3906 \cdot 0.6094 = 0.23803;$$

$$D \cap H \rightarrow 0.6094 \cdot 0.3906 = 0.23803;$$

$$D \cap D \rightarrow 0.3906 \cdot 0.3906 = 0.15257;$$

Entonces, si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes por igual, la proporción de accidentes en los que estarían involucrados los conductores para cada género sería la siguiente:

$$\text{Proporción hombres} \rightarrow 0.37136 + 0.23803 = 0.6094 = 60.94 \%$$

$$\text{Proporción mujeres} \rightarrow 0.15257 + 0.23803 = 0.3906 = 39.06 \%$$

Como se observa, aunque el estudio 2 es en función de conductores involucrados en accidentes y no de a los conductores causantes de los accidentes, este hecho no interfiere en la comparación de los resultados de los dos estudios. Así pues se procede a la comparación (ver tablas 6-4 y 6-5).

	CICLOMOTOR			
	Usuarios (%)	Accidentes (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Hombre	60,94	58,46	- 2,48	- 4,07
Mujer	39,06	41,54	+ 2,48	+ 6,35

Tabla 6-4: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para ciclomotores.
Fuente: Elaboración propia.

	CICLOMOTOR			
	Usuarios (%)	Accidentes (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Hombre	84,46	76,38	- 8,08	- 9,57
Mujer	15,54	23,62	+ 8,08	+ 51,98

Tabla 6-5: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para motocicletas.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ha analizado si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes por igual, la proporción en la cantidad de accidentes provocados por conductores hombres y mujeres sería igual a la proporción de hombres y mujeres usuarios de PTW/km.

No obstante, como se observa en las tablas 6-4 y 6-5, esto no sucede. Según los datos obtenidos, la proporción en accidentes de las mujeres es un 6.35% superior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 51,98 % también superior para motocicletas. En cambio, respecto a los hombres, la proporción en accidentes es un 4.07% inferior a la proporción de usuarios para ciclomotores y un 51,98% también inferior para motocicletas.

Según estos resultados, las mujeres estarían envueltas en más accidentes que los hombres, sobre todo en el caso de las motocicletas. De todas formas, por sí solos estos datos no son suficientes para verificar la hipótesis 2 planteada en este trabajo. Para verificarla es necesario hacer un contraste de hipótesis.

6.3 Contraste de hipótesis

En la planificación de un estudio para estimar diferencias entre las proporciones de las poblaciones a las que pertenecen dos grupos o para calcular si el valor de la proporción observada en un grupo difiere del valor que se esperaría encontrar en una población determinada (valor observado frente a valor esperado), se tiene que estimar el tamaño de muestra necesario en función de:

- Los valores de las proporciones de los grupos en estudio.
- El nivel de confianza.
- La potencia.

Normalmente el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que generalmente se usan valores del 80% para la potencia.

6.3.1 Formulación de las hipótesis

Para comparar la proporción observada en un grupo (usuarios/km de PTW en Barcelona) con una proporción esperada (conductores PTW implicados en accidentes en Barcelona), se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(0) > P(1)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(0)$ la proporción conductoras implicadas en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionadas o muertas en el accidente y $P(1)$ el porcentaje de usuarias/km de PTW.

La hipótesis 2 de este trabajo se verificará siempre y cuando la H_0 planteada sea rechazada.

6.3.2 Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 2

En este caso, se precisa hacer la comparación de una proporción observada con la proporción esperada. Siendo también, la formulación de las dos hipótesis planteadas anteriormente (H_0 y H_1) un contraste unilateral, la fórmula a utilizar para calcular el tamaño mínimo de muestra necesaria es la siguiente (Ogston 1991):

$$n = \frac{\left[Z_{\alpha} \sqrt{P_0(1 - P_0)} + Z_{\beta} \sqrt{P_1(1 - P_1)} \right]^2}{(P_0 - P_1)^2}$$

donde:

- Z_{α} : Valor de Z para un nivel de confianza $NC=1-\alpha$
- Z_{β} : Valor de Z para un nivel de potencia $P=1-\beta$
- P_1 : Proporción observada (muestra)
- P_0 : Proporción esperada (universo)

En la tabla 6-6 se muestra el significado de α y β y los posibles tipos de error de un contraste de hipótesis.

	H₀ VERDADERA	H₀ FALSA
ACPTAR H₀	NO ERROR ($NC=1-\alpha$)	ERROR TIPO II (β)
RECHAZAR H₀	ERROR TIPO I (α)	NO ERROR ($P=1-\beta$)

Tabla 6-6: Tipos de error de un contraste de hipótesis.
Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Nivel de confianza} \rightarrow NC = 1 - \alpha$$

$$\text{Potencia} \rightarrow P = 1 - \beta$$

A partir de la tabla 6-6, se puede entender la importancia de que α y β sean próximos a 0, mientras que la potencia y el nivel de confianza interesa que sean lo más próximos a 1.

Como se ha dicho anteriormente, normalmente el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que generalmente se usan valores del 80% para la potencia. Si se utilizan estos valores, el tamaño de muestra mínimo necesario para poder rechazar H_0 y así verificar la hipótesis 2 de este trabajo es:

6.3.2.1 Ciclomotores:

$$n = \frac{\left[1.645 \sqrt{0.4154(1 - 0.4154)} + 0.842 \cdot \sqrt{0.3906(1 - 0.3906)} \right]^2}{(0.4154 - 0.3906)^2} = 2426$$

Siendo para $NC = 0.95 \rightarrow Z_{\alpha} = 1.645$ y para $P = 0.8 \rightarrow Z_{\beta} = 0.842$. Fuente: Tabla de distribución normal.

Para un nivel de confianza de 0.95 y una potencia de 0.8, el tamaño de muestra del estudio 1 es insuficiente para poder rechazar H_0 . Así pues, para ciclomotores **NO SE VERIFICA la HIPOTESIS 2**: en Barcelona con ciclomotores las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.

6.3.2.2 Motocicletas:

$$n = \frac{\left[1.645\sqrt{0.2362(1 - 0.2362)} + 0.842 \cdot \sqrt{0.1554(1 - 0.1554)}\right]^2}{(0.2362 - 0.1554)^2} = 171$$

Siendo para $NC = 0.95 \rightarrow Z_\alpha = 1.645$ y para $P = 0.8 \rightarrow Z_\beta = 0.842$. Fuente: Tabla de distribución normal.

El tamaño de muestra conseguido no solo cumple estos requisitos, sino que también se verifica para un nivel de confianza del 99% y una potencia del 95%:

$$n = \frac{\left[2.3267 \cdot \sqrt{0.2362(1 - 0.2362)} + 1.645 \cdot \sqrt{0.1554(1 - 0.1554)}\right]^2}{(0.2362 - 0.1554)^2} = 436$$

Siendo para $NC = 0.99 \rightarrow Z_\alpha = 2.3267$ y para $P = 0.95 \rightarrow Z_\beta = 1.645$. Fuente: Tabla de distribución normal.

Así pues, teniendo el estudio 1 un tamaño de muestra de 453, se puede rechazar H_0 con un nivel de confianza de al menos un 99% y una potencia de al menos un 95 %.

Por lo tanto, para motocicletas **SE VERIFICA la HIPOTESIS 2**: en Barcelona con motocicletas las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.

7 HIPOTESIS 3: En Barcelona las mujeres tienen proporcionalmente menos accidentes graves de PTW que los hombres

7.1 Obtención de datos

7.1.1 Estudio 1: Proporción de género de los usuarios de PTW por km y según la tipología de PTW

Para verificar la hipótesis 3 de este trabajo, será necesario utilizar los resultados obtenidos en el estudio de la proporción de género de los usuarios de PTW/km y según la tipología de PTW.

	Hombres	Mujeres	Hombres (%)	Mujeres (%)
Ciclomotor	39	25	60,94	39,06
Motocicleta	326	60	84,46	15,54
Total	365	85	81,11	18,89

Tabla 7-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

Estos resultados serán comparados con la proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y que han resultado lesionados o muertos en el accidente, según la gravedad sus lesiones.

7.1.2 Estudio 3: Proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018, según la gravedad sus lesiones

En el Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona, se pueden encontrar 5 bases de datos para cada año de los accidentes ocurridos en Barcelona. En estás 5 bases de datos para cada año se puede encontrar diferente tipología de información de cada accidente ocurrido. Estas tipologías son:

- Información general del accidente (N.º vehículos, N.º lesionados, etc.)
- Información de los vehículos implicados en el accidente.
- Causas del accidente.
- Tipología del accidente.
- Información de víctimas y/o lesionados y su gravedad.

Para este estudio, se usarán las bases de datos des del año 2014 al año 2018. En total suman más de 5 millones de datos (Big Data). No obstante, a pesar de la gran cantidad de información surgen dos problemas:

- El primer problema es que no se especifica el conductor causante del accidente, por lo que en este estudio se analizarán los conductores implicados en un accidente.
- El segundo problema es debido a que la catalogación de la gravedad de las lesiones se cambia a mediados del año 2017. Por lo que el años 2018 y parte del 2017 tienen diferente catalogación de la gravedad de las lesiones que la de los años 2014, 2015 y 2016. Esta variación en la catalogación dificulta en gran medida este estudio y por otra parte limita la precisión de la gravedad de las lesiones a la registrada por la catalogación más limitante, en este caso la de los años 2014, 2015, 2016 y parte del 2017.

Por estos motivos, el estudio analizará la proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y que han resultado lesionados o muertos en el accidente, según la gravedad sus lesiones.

Actualmente se cataloga la gravedad de las lesiones en función de si hay o no hospitalización, si hay se diferencia en si es inferior o superior a 24 horas y si la persona muere se clasifica en si la muerte se ha producido en las primeras 24 horas o en las siguientes.

No obstante, debido a la limitación en la catalogación de las lesiones registradas en los años 2014, 2015, 2016 y parte del 2017, en este estudio se clasificará la gravedad de las lesiones en tres categorías:

- Lesiones leves: Con o sin hospitalización pero siempre inferior a 24 horas.
- Lesiones graves: Con hospitalización superior a 24 horas.
- Muerte: Durante las primeras 24 horas o después.

Para tratar tal cantidad de datos, se ha usado el programa Excel y empleando con él diferentes macros. Los datos obtenidos referentes a este estudio son:

CICLOMOTOR							
	2014	2015	2016	2017	2018	MITJA	Accidentes (%)
	Lesiones Leves						
Home	533	595	496	522	415	512,2	58,27
Dona	367	435	380	333	319	366,8	41,73
	Lesiones Graves						
Home	9	11	5	10	13	9,6	68,57
Dona	7	4	3	4	4	4,4	31,43
	Muerte						
Home	0	2	1	0	0	0,6	100
Dona	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7-2: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

MOTOCICLETA							
	2014	2015	2016	2017	2018	MITJA	Accidentes (%)
	Lesiones Leves						
Home	3815	3520	3886	3693	3833	3749,4	76,18
Dona	1109	1055	1256	1232	1211	1172,6	23,82
	Lesiones Graves						
Home	67	110	79	88	88	86,4	85,04
Dona	12	17	11	12	24	15,2	14,96
	Muerte						
Home	16	10	6	6	11	9,8	89,09
Dona	1	3	1	1	0	1,2	10,91

Tabla 7-3: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

Para este estudio no es necesario verificar la representatividad del muestreo. Esto es debido a que se ha cogido todo el universo y por lo tanto el nivel de confianza (NC) es del 100% y el margen de error (e) es del 0%.

7.2 Comparación de datos

En este apartado del trabajo se quiere verificar si en Barcelona las mujeres tienen proporcionalmente accidentes de menor gravedad que los hombres. Para ello se procederá a comparar el estudio de la proporción en el género de los usuarios de PTW/km en Barcelona (estudio 1), y el estudio de la proporción del género de los conductores involucrados en accidentes, según la gravedad de sus lesiones (estudio 3).

Si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes de la misma gravedad por igual y hay un porcentaje X de usuarios hombres y un porcentaje Y de usuarios mujeres, la proporción en la cantidad de accidentes provocados por conductores hombres y mujeres de la misma gravedad sería también X e Y respectivamente.

No obstante, debido a que el estudio 3 es en función de los conductores involucrados en accidentes en vez de en función de los conductores causantes de los accidentes, se deberá verificar si seguirá habiendo esta relación de X e Y. No obstante, esto ya se ha demostrado y verificado en el apartado 6.2 de este trabajo.

Así pues se procede a la comparación de los resultados obtenidos en el estudio 1 y el estudio 3 (ver tablas 6-4 y 6-5).

CICLOMOTOR				
	Accidentes (%)	Usuarios ciclo (%)	Diferencia	Diferencia (%)
Lesiones Leves				
Hombre	58,27	60,94	-2,67	-4,58
Mujer	41,73	39,06	2,67	6,39
Lesiones Graves				
Hombre	68,57	60,94	7,63	11,13
Mujer	31,43	39,06	-7,63	-24,29
Muerte				
Hombre	100	60,9375	39,06	39,06
Mujer	0	39,0625	-39,06	- ∞

Tabla 7-4: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para ciclomotores.

Fuente: Elaboración propia.

MOTOCICLETA				
	Accidentes (%)	Usuarios moto (%)	Diferencia	Diferencia (%)
Lesiones Leves				
Hombre	76,18	84,46	-8,28	-10,87
Mujer	23,82	15,54	8,28	34,75
Lesiones Graves				
Hombre	85,04	84,46	0,58	0,69
Mujer	14,96	15,54	-0,58	-3,90
Muerte				
Hombre	89,09	84,46	4,63	5,2
Mujer	10,91	15,54	-4,63	-42,49

Tabla 7-5: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para motocicletas.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha analizado si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes por igual, la proporción en la cantidad de accidentes de la misma gravedad provocados por conductores hombres y mujeres sería igual a la proporción de hombres y mujeres usuarios de PTW/km.

No obstante, como se observa en las tablas 7-4 y 7-5, esto no sucede. Según los datos obtenidos, para lesiones leves la proporción en accidentes de las mujeres es un 6.39% superior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 34.75 % también superior para motocicletas. En cambio, para accidentes graves y mortales la proporción de accidentes respecto a la proporción de usuarios, como se puede observar, es inferior:

- Para lesiones graves, la proporción en accidentes de las mujeres es un 24.29% inferior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 3.9 % también inferior para motocicletas.
- Para conductores accidentados muertos, la proporción en accidentes de las mujeres es un ∞ % inferior a la proporción de usuarias para ciclomotores (esto debido a que en los 5 años estudiados no ha habido ninguna conductora de PTW fallecida por accidente en Barcelona). Para motocicletas, la proporción en accidentes de las mujeres es un 42.49 % también inferior.

Por lo tanto según estos resultados, las mujeres estarían envueltas en más accidentes leves que los hombres, sobre todo en el caso de las motocicletas. En cambio, estarían envueltas en menos accidentes graves y mortales que los hombres.

No obstante, por sí solos estos datos no son suficientes para verificar la hipótesis 3 planteada en este trabajo. Para verificarla es necesario hacer un contraste de hipótesis.

7.3 Contraste de hipótesis

En la planificación de un estudio para estimar diferencias entre las proporciones de las poblaciones a las que pertenecen dos grupos o para calcular si el valor de la proporción observada en un grupo difiere del valor que se esperaría encontrar en una población determinada (valor observado frente a valor esperado), se tiene que estimar el tamaño de muestra necesario en función de:

- Los valores de las proporciones de los grupos en estudio.
- El nivel de confianza.
- La potencia.

Normalmente el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que generalmente se usan valores del 80% para la potencia. Así pues para, para poder verificar los resultados obtenidos de la comparación del estudio 1 y del estudio 3 (apartado 7.2) con suficientes garantías, tendremos que realizar un contraste de hipótesis y este solo verificará los resultados de cada caso del apartado 7.2 si se puede rechazar H_0 con una confianza del 95% y una potencia del 80%. H_0 es la hipótesis del contraste en la que la $P(1) = P(0)$, es decir que proporcionalmente ambos sexos tienen por igual el mismo número de accidentes.

No obstante, como según la gravedad del accidente hay 3 tipologías se tendrá que hacer un contraste de hipótesis para cada categoría de gravedad de accidente y para cada tipología de PTW, es decir 3 contrastes para ciclomotor y 3 más para motocicleta (6 en total). Dicho esto, se procede a la formulación de las hipótesis.

7.3.1 Formulación de las hipótesis

Para comparar la proporción observada en un grupo (usuarios/km de PTW en Barcelona) con una proporción esperada (conductores de PTW en Barcelona implicados en cada tipología de gravedad de accidente), se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1):

$$H_0: P(0) = P(1)$$

$$H_1: P(1) < P(0), o P(1) > P(0)$$

(Contraste unilateral)

Siendo $P(0)$ la proporción conductoras implicadas en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionadas o muertas en el accidente (resultados estudio 3) y $P(1)$ el porcentaje de usuarias/km de PTW.

Este contraste se llevará a cabo para cada gravedad de lesión y para cada tipo de PTW. Por este motivo, se comprobarán los resultados del estudio 3 individualmente para cada tipología de PTW y lesión. Así pues, se verificará individualmente cada resultado y a raíz de este contraste individual se llegará a una conclusión global de si se verifica o no la hipótesis 3 de este trabajo.

7.3.2 Cálculo del tamaño de muestra necesaria para poder rechazar H_0 , verificando así la hipótesis 1

En este caso, se precisa hacer la comparación de una proporción observada con la proporción esperada. Siendo también, la formulación de las dos hipótesis planteadas anteriormente (H_0 y H_1) un contraste unilateral, la formula a utilizar para calcular el tamaño mínimo de muestra necesaria es la siguiente (Ogston 1991):

$$n = \frac{\left[Z_{\alpha} \sqrt{P_0(1 - P_0)} + Z_{\beta} \sqrt{P_1(1 - P_1)} \right]^2}{(P_0 - P_1)^2}$$

donde:

- Z_{α} : Valor de Z para un nivel de confianza $NC=1-\alpha$
- Z_{β} : Valor de Z para un nivel de potencia $P=1-\beta$
- P_1 : Proporción observada (muestra)
- P_0 : Proporción esperada (población)

En la tabla 5-2 se muestra el significado de α y β y los posibles tipos de error de un contraste de hipótesis.

	H_0 VERDADERA	H_0 FALSA
ACPTAR H_0	NO ERROR ($NC=1-\alpha$)	ERROR TIPO II (β)
RECHAZAR H_0	ERROR TIPO I (α)	NO ERROR ($P=1-\beta$)

Tabla 7-6: Tipos de error de un contraste de hipótesis.
Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Nivel de confianza} \rightarrow NC = 1 - \alpha$$

$$\text{Potencia} \rightarrow P = 1 - \beta$$

A partir de la tabla 5-2, se puede entender la importancia de que α y β sean próximos a 0, mientras que la potencia y el nivel de confianza interesa que sean lo más próximos a 1.

Como se ha dicho anteriormente, el valor utilizado para el nivel de confianza es 95%, mientras que se usará un valor del 80% para la potencia. Para $NC = 0.95 \rightarrow Z\alpha = 1.645$ y para $P = 0.8 \rightarrow Z\beta = 0.842$ (Fuente: Tabla de distribución normal).

Si se utilizan estos valores, el tamaño de muestra mínimo necesario para poder rechazar H_0 , según cada tipo de gravedad de lesión y tipo de PTW será el indicado en las tablas 7-8 y 7-9.

Tamaño de muestra mínimo "n" para rechazar H_0 con $NC=95\%$ $p=80\%$, según tipo PTW y gravedad de lesión			
Ciclomotor			
Tipo de lesión	n_{real} (estudio 1)	n_{min}	Conclusión
Lesión Leve	453	2095	No se rechaza H_0
Lesión Grave	453	237	Se rechaza H_0
Muerte	453	2	Se rechaza H_0
Motocicleta			
Tipo de lesión	n_{real} (estudio 1)	n_{min}	Conclusión
Lesión Leve	453	148	Se rechaza H_0
Lesión Grave	453	23637	No se rechaza H_0
Muerte	453	313	Se rechaza H_0

Tabla 7-7: Tamaño de muestra mínimo "n" para rechazar H_0 con $NC=95\%$ $p=80\%$, según tipo PTW y gravedad de lesión

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, teniendo el estudio 1 un tamaño de muestra de 453, se puede rechazar H_0 con un nivel de confianza de al menos un 95% y una potencia de al menos un 80 % en los casos marcados en verde a la tabla 7-8.

Respecto ciclomotores, el resultado del contraste indica:

- **Lesiones leves:** No se rechaza H_0 , por lo tanto no se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tengan más accidentes leves que los hombres.
- **Lesiones graves:** Se rechaza H_0 , por lo tanto se verifica que las mujeres proporcionalmente tienen más accidentes graves que los hombres.
- **Lesiones mortales:** Se rechaza H_0 , por lo tanto se verifica que las mujeres proporcionalmente tienen más accidentes mortales que los hombres.

Así pues, aunque no se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tengan más accidentes leves que los hombres, si se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tienen un menor número de accidentes graves o mortales. Por lo tanto, para **CICLOMOTORES, SE VERIFICA la HIPOTESIS 3** de este estudio.

Respecto a motocicletas, el resultado del contraste indica:

- **Lesiones leves:** Se rechaza H_0 , por lo tanto se verifica que las mujeres proporcionalmente tienen más accidentes leves que los hombres.
- **Lesiones graves:** No se rechaza H_0 , por lo tanto no se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tengan más accidentes graves que los hombres.
- **Lesiones mortales:** Se rechaza H_0 , por lo tanto se verifica que las mujeres proporcionalmente tienen más accidentes mortales que los hombres.

Así pues, aunque no se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tengan más accidentes graves que los hombres, si se puede verificar que las mujeres proporcionalmente tienen un menor número de accidentes mortales. Por lo tanto, para **MOTOCICLETAS, SE VERIFICA la HIPOTESIS 3** de este estudio.

La hipótesis 3 a verificar dice: en Barcelona las mujeres tienen proporcionalmente menos accidentes graves de PTW que los hombres. Por lo tanto tras verificar que esta hipótesis se cumple tanto para ciclomotores como para motocicletas, queda la hipótesis 3 completamente verificada.

7.4 Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género

Es interesante observar la proporción del tipo de lesión que tiene cada sexo (ver tablas 7-9 y 7-10).

CICLOMOTOR		
Hombre		
	Media anual de accidentes	Tipo de accidente (%)
lesiones Leves	512,20	98,05
Lesiones Graves	9,60	1,84
Muerte	0,60	0,11
Total	522,40	100,00
Mujer		
	Media anual de accidentes	Tipo de accidente (%)
Herido Leve	366,80	98,81
Herido Grave	4,40	1,19
Muerte	0,00	0,00
Total	371,20	100,00

Tabla 7-8: Tamaño de muestra mínimo “n” para rechazar H_0 con $NC=95\%$ $p=80\%$, según tipo PTW y gravedad de lesión

Fuente: Elaboración propia.

MOTOCICLETA		
Hombre		
	Media anual de accidentes	Tipo de accidente (%)
Herido Leve	3749,40	97,50
Herido Grave	86,40	2,25
Muerte	9,80	0,25
Total	3845,60	100,00
Mujer		
	Media anual de accidentes	Tipo de accidente (%)
Herido Leve	1172,60	98,62
Herido Grave	15,20	1,28
Muerte	1,20	0,10
Total	1189,00	100,00

Tabla 7-9: Tamaño de muestra mínimo “n” para rechazar H_0 con $NC=95\%$ $p=80\%$, según tipo PTW y gravedad de lesión

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos, las tablas 7-10 y 7-11, muestran la diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género. En la figura 7-1 se puede ver también de forma gráfica.

	CICLOMOTOR		
	Prop. tipo lesión en Hombres (%)	Prop. tipo lesión en Mujeres (%)	Diferencia entre la prop. mujeres y la prop. hombres
lesiones Leves	98,05	98,81	0,77
Lesiones Graves	1,84	1,19	-0,65
Muerte	0,11	0,00	-0,11

Tabla 7-10: Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género en ciclomotor.

Fuente: Elaboración propia.

	MOTOCICLETA		
	Prop. tipo lesión en Hombres (%)	Prop. tipo lesión en Mujeres (%)	Diferencia entre la prop. mujeres y la prop. hombres
lesiones Leves	97,50	98,62	1,12
Lesiones Graves	2,25	1,28	-0,97
Muerte	0,25	0,10	-0,15

Tabla 7-11: Diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género en motocicleta.

Fuente: Elaboración propia.

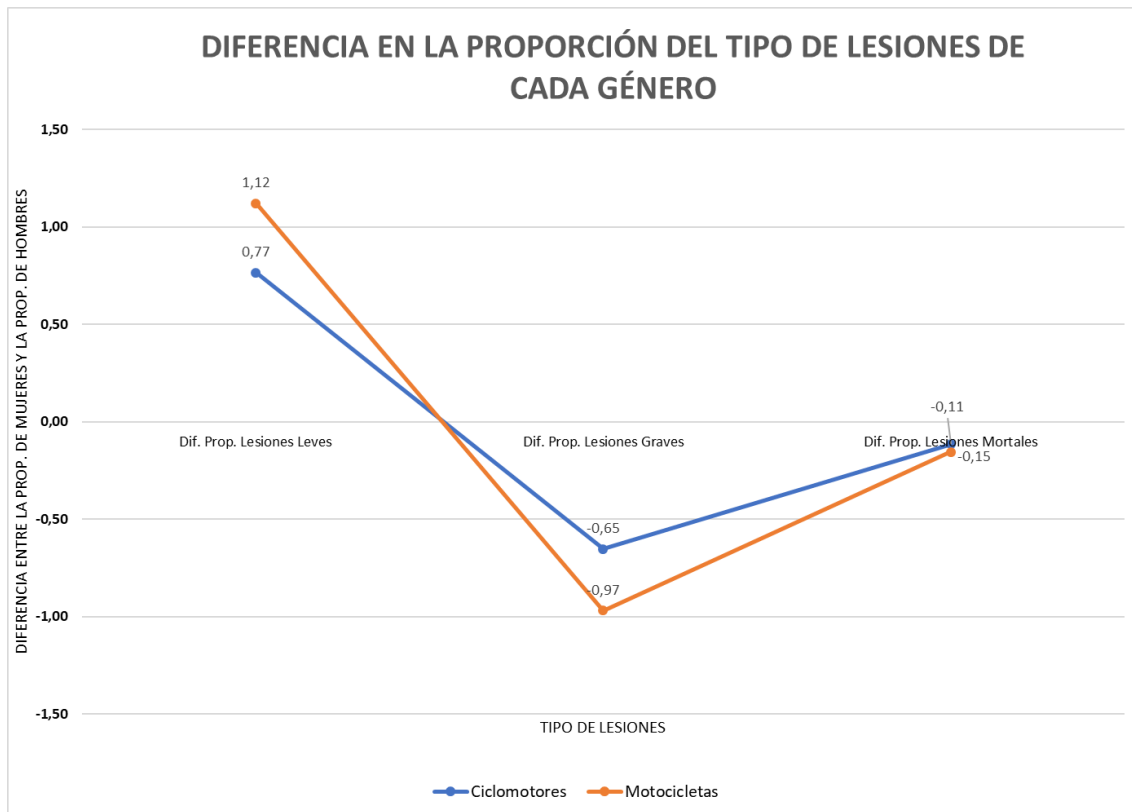


Figura 7-1: Grafico de diferencia en la proporción del tipo de lesiones de cada género.

Fuente: Elaboración propia.

8 Conclusiones

En esta tesis, se plantearon los siguientes 4 objetivos:

1. Estimación de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona
2. Verificar la hipótesis 1: las mujeres en Barcelona y con PTW, recorren proporcionalmente menos km que los hombres.
3. Verificar la hipótesis 2: las mujeres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.
4. Verificar hipótesis 3: los hombres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente más accidentes graves que las mujeres.

El primer objetivo, aparte de para entender mejor la proporción según el género en la movilidad de los PTW en Barcelona, es necesario para la posterior verificación de las tres hipótesis planteadas.

8.1 Estimación de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona

A partir del muestreo mediante Street View facilitado por la empresa UPRA S.L., se ha podido hacer un estudio de la proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología (ciclomotor o motocicleta) en Barcelona. En este estudio, se han podido obtener los siguientes datos:

	Hombres	Mujeres	Hombres (%)	Mujeres (%)
Ciclomotor	39	25	60,94	39,06
Motocicleta	326	60	84,46	15,54
Total	365	85	81,11	18,89

Tabla 8-1: Porcentaje de usuarios de cada tipología de PTW según género del conductor.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

Según los datos facilitados por la DGT, un 27% de propietarios de PTW son mujeres y un 73% hombres. En cambio, en este estudio tal y como se aprecia en esta tabla 8-1, el 18,9% de usuarios por km del global de los PTW son mujeres, mientras el 81,1% son hombres. Cabe resaltar, que se ha estudiado la representatividad de este estudio y se ha resuelto como suficientemente representativo.

Por otro lado, si se estudia según la tipología de PTW (en este caso, debido a la falta de datos de otros tipos de PTW, solo se diferencia entre ciclomotores y motocicletas), se observa lo siguiente:

- Para ciclomotores el porcentaje de usuarios por km está formado por un 60,9% de hombres y un 39,1% de mujeres.
- Para motocicletas el porcentaje de usuarios por km está formado por un 84,5% de hombres y un 15,5% de mujeres.

Este hecho muestra una clara preferencia de las mujeres para los ciclomotores.

	Ciclomotor	Motocicleta	Ciclomotor (%)	Motocicleta (%)
Hombres	39	326	10,68	89,32
Mujeres	25	60	29,41	70,59

Tabla 8-2: Porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio compartido por UPRA S.L.

En la tabla 8-2 se muestra el porcentaje de usuarios de cada género del conductor según la tipología de PTW. En esta tabla se puede apreciar de mejor forma la preferencia de los hombres para las motocicletas y de las mujeres para los ciclomotores.

8.2 Verificar la hipótesis 1: las mujeres en Barcelona y con PTW, recorren proporcionalmente menos km que los hombres.

Según los datos facilitados por la DGT, un 27% de propietarios de PTW son mujeres y un 73% hombres. En cambio, en este estudio tal y como se aprecia en la tabla 8-3 el 18,9% de usuarios por km del global de los PTW son mujeres, mientras el 81,1% son hombres.

	Propietarios (%)	Usuarios (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Mujeres	27	18,9	-8,1	-30
Hombres	73	81,1	8,1	11,09589041

Tabla 8-3: Diferencia entre el porcentaje de usuario/km y propietarios.

Fuente: Elaboración propia.

Si los hombres y las mujeres recorrieran de forma proporcional la misma distancia, la proporción de usuarios/km debería ser igual a la proporción de propietarios. Como se observa en la tabla 8-3, esto no sucede. Según los datos obtenidos, la proporción de usuarios/km en mujeres es un 30% inferior al de propietarios, mientras que en el caso de los hombres, la proporción de usuarios/km es un 11,1% superior.

Según estos resultados, por Barcelona, las mujeres recorrerían menos distancia con PTW que los hombres. No obstante, por sí solos estos datos no son suficientes para verificar la hipótesis 1 planteada en este trabajo. Para verificarla es necesario hacer un contraste de hipótesis.

Por lo que tras hacer el contraste, se ha verificado que efectivamente la hipótesis 1 de esta tesis es veraz.

8.3 Verificar la hipótesis 2: las mujeres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.

Para verificar la hipótesis 2 de este trabajo, primeramente se ha hecho un estudio de la proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.

En el Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona, se pueden encontrar 5 bases de datos para cada año de los accidentes ocurridos en Barcelona. Para realizar este estudio, se han usado estas bases de datos des del año 2014 al año 2018. En total sumando más de 5 millones de datos.

Los resultados obtenidos referentes a este estudio son:

	CICLOMOTOR						
	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	Proporción (%)
Hombre	542	608	502	532	428	522,4	58,46
Mujer	374	439	383	337	323	371,2	41,54
TOTAL	916	1047	885	869	751	893,6	100

Tabla 8-4: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

	MOTOCICLETA						
	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	Proporción (%)
Hombre	3898	3640	3971	3787	3932	3845,6	76,38
Mujer	1122	1075	1268	1245	1235	1189	23,62
TOTAL	5020	4715	5239	5032	5167	5034,6	100

Tabla 8-5: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona y que han resultado lesionados o muertos en el accidente.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

Para este estudio no ha sido necesario verificar la representatividad del muestreo. Esto es debido a que se ha cogido todo el universo.

Seguidamente, para verificar la hipótesis 2, se ha procedido a comparar los resultados de este segundo estudio con los resultados del primer estudio (proporción de usuarios

de PTW/km según su género y tipología en Barcelona). De esta forma, se ha podido averiguar si en Barcelona las mujeres tienen proporcionalmente un mayor número de accidentes que los hombres.

Si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes por igual y hay un porcentaje X de usuarios hombres y un porcentaje Y de usuarios mujeres, la proporción en la cantidad de accidentes con conductores hombres y mujeres implicados, sería también X e Y respectivamente.

Por lo tanto, se han comparado los dos estudios obteniendo los resultados de las tablas 8-6 y 8-7.

	CICLOMOTOR			
	Usuarios (%)	Accidentes (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Hombre	60,94	58,46	- 2,48	- 4,07
Mujer	39,06	41,54	+ 2,48	+ 6,35

Tabla 8-6: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para ciclomotores.
Fuente: Elaboración propia.

	CICLOMOTOR			
	Usuarios (%)	Accidentes (%)	Diferencia en el porcentaje	Variación (%)
Hombre	84,46	76,38	- 8,08	- 9,57
Mujer	15,54	23,62	+ 8,08	+ 51,98

Tabla 8-7: Comparación resultados del estudio de accidentalidad con el estudio de usuarios/km para motocicletas.
Fuente: Elaboración propia.

Según los datos obtenidos, la proporción en accidentes de las mujeres es un 6.35% superior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 51,98 % también superior para motocicletas. En cambio, respecto a los hombres, la proporción en accidentes es un 4.07% inferior a la proporción de usuarios para ciclomotores y un 51,98% también inferior para motocicletas.

Según estos resultados, las mujeres estarían envueltas en más accidentes que los hombres, sobre todo en el caso de las motocicletas. Así que se ha realizado un contraste de hipótesis para estudiar la veracidad de estos resultados, el cual ha demostrado que se puede verificar la hipótesis 2 de esta tesis.

8.4 Verificar hipótesis 3: los hombres en Barcelona y con PTW, tienen proporcionalmente más accidentes graves que las mujeres.

Para verificar la hipótesis 3 de este trabajo, primeramente se ha hecho un estudio de la proporción en el género de los conductores implicados en accidentes de PTW registrados en Barcelona des del 2014 al 2018 y que han resultado lesionados o muertos en el accidente, según la gravedad sus lesiones.

En el Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona, se pueden encontrar 5 bases de datos para cada año de los accidentes ocurridos en Barcelona. Para realizar este estudio, se han usado estas bases de datos des del año 2014 al año 2018. En total sumando más de 5 millones de datos.

Los resultados obtenidos referentes a este estudio son:

CICLOMOTOR							
	2014	2015	2016	2017	2018	MITJA	Accidentes (%)
	Lesiones Leves						
Home	533	595	496	522	415	512,2	58,27
Dona	367	435	380	333	319	366,8	41,73
	Lesiones Graves						
Home	9	11	5	10	13	9,6	68,57
Dona	7	4	3	4	4	4,4	31,43
	Muerte						
Home	0	2	1	0	0	0,6	100
Dona	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8-8: Proporción en el género de los conductores de ciclomotores implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

MOTOCICLETA							
	2014	2015	2016	2017	2018	MITJA	Accidentes (%)
Lesiones Leves							
Home	3815	3520	3886	3693	3833	3749,4	76,18
Dona	1109	1055	1256	1232	1211	1172,6	23,82
Lesiones Graves							
Home	67	110	79	88	88	86,4	85,04
Dona	12	17	11	12	24	15,2	14,96
Muerte							
Home	16	10	6	6	11	9,8	89,09
Dona	1	3	1	1	0	1,2	10,91

Tabla 8-9: Proporción en el género de los conductores de motocicletas implicados en accidentes de PTW en Barcelona, según la gravedad de sus lesiones.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos del Portal de Transparencia del Ayuntamiento de Barcelona.

Para este estudio no ha sido necesario verificar la representatividad del muestreo. Esto es debido a que se ha cogido todo el universo.

Seguidamente, para verificar la hipótesis 3, se ha procedido a comparar los resultados de este tercer estudio con los resultados del primer estudio (proporción de usuarios de PTW/km según su género y tipología en Barcelona). De esta forma, se ha podido averiguar si en Barcelona las mujeres tienen menos accidentes graves que los hombres.

Si proporcionalmente ambos sexos tuvieran accidentes de la misma gravedad por igual y hay un porcentaje X de usuarios hombres y un porcentaje Y de usuarios mujeres, la proporción en la cantidad de accidentes de la misma gravedad con conductores hombres y mujeres implicados, sería también X e Y respectivamente.

Por lo tanto, se han comparado los dos estudios obteniendo los resultados de las tablas 8-10 y 8-11.

CICLOMOTOR				
	Accidentes (%)	Usuarios ciclo (%)	Diferencia	Diferencia (%)
Lesiones Leves				
Hombre	58,27	60,94	-2,67	-4,58
Mujer	41,73	39,06	2,67	6,39
Lesiones Graves				
Hombre	68,57	60,94	7,63	11,13
Mujer	31,43	39,06	-7,63	-24,29
Muerte				
Hombre	100	60,9375	39,06	39,06
Mujer	0	39,0625	-39,06	- ∞

Tabla 8-10: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para ciclomotores.

Fuente: Elaboración propia.

MOTOCICLETA				
	Accidentes (%)	Usuarios moto (%)	Diferencia	Diferencia (%)
Lesiones Leves				
Hombre	76,18	84,46	-8,28	-10,87
Mujer	23,82	15,54	8,28	34,75
Lesiones Graves				
Hombre	85,04	84,46	0,58	0,69
Mujer	14,96	15,54	-0,58	-3,90
Muerte				
Hombre	89,09	84,46	4,63	5,2
Mujer	10,91	15,54	-4,63	-42,49

Tabla 8-11: Comparación de los resultados del estudio de la gravedad de la accidentalidad con los resultados del estudio de usuarios/km para motocicletas.

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos obtenidos, para lesiones leves la proporción en accidentes de las mujeres es un 6.39% superior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 34.75 % también superior para motocicletas. En cambio, para accidentes graves y mortales la proporción de accidentes respecto a la proporción de usuarios, como se puede observar, es inferior:

- Para lesiones graves, la proporción en accidentes de las mujeres es un 24.29% inferior a la proporción de usuarias para ciclomotores y un 3.9 % también inferior para motocicletas.
- Para conductores accidentados muertos, la proporción en accidentes de las mujeres es un ∞ % inferior a la proporción de usuarias para ciclomotores (esto debido a que en los 5 años estudiados no ha habido ninguna conductora de PTW fallecida por accidente en Barcelona). Para motocicletas, la proporción en accidentes de las mujeres es un 42.49 % también inferior.

Por lo tanto según estos resultados, las mujeres estarían envueltas en más accidentes leves que los hombres, sobre todo en el caso de las motocicletas. En cambio, estarían envueltas en menos accidentes graves y mortales que los hombres.

No obstante, por sí solos estos datos no son suficientes para verificar la hipótesis 3 planteada en este trabajo. Para verificarla es necesario hacer un contraste de hipótesis. El cual, tras hacerlo, ha verificado la hipótesis 3 de esta tesis.

9 Futuras líneas de investigación

1. Mejor conocimiento de la accidentalidad

Los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas son especialmente vulnerables, y tienen un mayor número de accidentes por kilómetro recorrido, siendo estos más graves. Por este motivo, es de vital importancia estudiar la causalidad de estos accidentes y encontrar medidas para prevenirlos.

También sería de gran utilidad, estudiar a fondo los motivos por los cuales las conductoras mujeres están involucradas en más accidentes de PTW en Barcelona que los hombres, y también estudiar por qué éstos tienen accidentes de mayor gravedad.

2. PTW y género

En este trabajo, se ha constatado la relevancia de la incorporación de las mujeres en el incremento global del uso de las motocicletas. Una vía de estudio futuro es profundizar en el conocimiento de los patrones que rigen la posesión de vehículos motorizados por parte de las mujeres.

Por este motivo, se cree que hay un gran campo de investigación en el área de los vehículos motorizados de dos ruedas y el género. Por ejemplo, queda pendiente para futuros estudios analizar en mayor profundidad los factores que favorecen por parte de las mujeres el uso de PTW.

3. Patrones de movilidad de PTW

A partir de las bases de datos usadas en este estudio sería posible analizar a fondo los patrones de movilidad de PTW en Barcelona. Esto sería de gran utilidad para entender la movilidad de PTW en esta ciudad y poder así caracterizar los tipos de viajes y número de ellos que se producen en relación con cada género. Es decir, qué porcentaje de hombres y mujeres viajan en días lectivos o festivos y qué relación tiene con la accidentalidad.

Un estudio de este tipo, además de analizar la movilidad de PTW, podría mostrar también posibles causas de esta accidentalidad y podría llevar a encontrar medidas preventivas.

10 Referencias

- Abduljabbar, Rusul & Dia, Hussein & Liyanage, Sohani & Bagloee, Saeed. (2019). *Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview*. Sustainability. 11. 189. 10.3390/su11010189.
- ACEM (2013): "The Motorcycle Industry in Europe Statistical overview Registrations and deliveries Circulating park Production Top 10 models". Association des Constructeurs Européens de Motocycles. Brussels. Belgium.
- Ajuntament de Barcelona (2015): "Cens de vehicles de la ciutat de Barcelona". (2015)
- Ajuntament de Barcelona (2016): "Dades Bàsiques de Mobilitat 2015". Ajuntament de Barcelona 2016
- Ajuntament de Barcelona (2016b): "Balanz accidentalitat 2015". Dossier de premsa. 14 de enero 2016.
- Ajuntament de Barcelona: "Accidentes gestionados por la Guardia Urbana en la ciudad de Barcelona según tipología". <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-tipus-gu-bcn>
- Ajuntament de Barcelona: "Accidentes gestionados por la Guardia Urbana en la ciudad de Barcelona". <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-gu-bcn>
- Ajuntament de Barcelona: "Descripción de la causalidad de los accidentes gestionados por la Guardia Urbana en la ciudad de Barcelona". <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-causes-gu-bcn>
- Ajuntament de Barcelona: "Personas involucradas en accidentes gestionados por la Guardia Urbana en la ciudad de Barcelona". <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-persones-gu-bcn>
- Ajuntament de Barcelona: "Vehículos implicados en accidentes gestionados por la Guardia Urbana en la ciudad de Barcelona". <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-vehicles-gu-bcn>
- Albalade, D. y Fernandez-Villadangos, L. (2010). "Motorcycle injury severity in Barcelona: the role of vehicle type and congestion". Traffic injury prevention, 11(6), 623-631.
- Ambrosetti-The European House (2014): "The Value of Two-Wheels". Scenario of the Industry, Market and Mobility. Executive Summary. <http://www.ambrosetti.eu/en/research-and-presentations/the-value-of-two-wheels>
- ANESDOR (2017): "Mercado 2016 y previsiones 2017". Asociación Nacional de Empresas del Sector de dos Ruedas. <https://www.anesdor.com/mercado-espanol/>

ATM.EMEF (2015): "Enquesta de Mobilitat En dia Feiner en la Regió Metropolitana de Barcelona 2015.". Autoritat del Transport Metropolità.

ATSB (1997): "Vehicle Type and the Risk of Travelling on the Road". Australian Transport Safety Bureau, Monograph 17. https://www.atsb.gov.au/media/4096068/xr-2012-001_final_web.pdf

Auster, Carol J. (2001): "Transcending potential antecedent leisure constraints: The case of women motorcycle operators". *Journal of Leisure Research*, 2001, 33 (3), 272.

Automobile Club d'Italia (2014): "Dati e statistiche Veicoli e mobilità". <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/veicoli-e-mobilita.html>

Badii Zabeh, M., Castillo, J., & Guillén, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra (Optimum sample size). *Innovaciones de Negocios*, 5(9), 53–65.

Button, K.; Ngoe, N. y Hine, J. (1993): "Modelling vehicle ownership and use in low income countries". *Journal of Transport Economics and Policy*, 51-67.

Cabrerizo Sinca, J. "Anàlisi quantitatiu de la velocitat dels vehicles a motor participants en atropellaments en zona urbana : modelització de la sensibilitat de la variable evitabilitat a les variacions de la velocitat específica del vehicle i de la velocitat màxima permesa de la via". *Tesi doctoral, UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona*, 2017. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/112417>>

Carré, J. R.; Filou, C. (1995): "Accident risks for two-wheelers in France: safety of two-wheelers is largely subject to the skill and vigilance of car drivers". *Proceedings del Fourteenth International Technical conference on Enhanced Safety of Vehicles*, 1264-1278.

Clabaux, N., Fournier, J. Y. y Michel, J. E. (2014). "Powered two-wheeler drivers' risk of hitting a pedestrian in towns". *Journal of safety research*, 51, 1-5.

Clapham, J. (1939). *An Economic History Of Modern Britain 1820 1850*. London: Cambridge University Press.

Contemporary Ergonomics, 173-178.

Cvetkovich, G. y Earle, T. C. (1988). "Decision making and risk taking of young drivers: Conceptual distinctions and issues". *Alcohol, Drugs & Driving*. 4 (1), 9-19.

Dargay, J., Gatley, D. y Sommer, M. (2007): "Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030". *The Energy Journal*, 143-170.

Department for Transport, (2015a): "Reported Road Casualties in Great Britain: Main Results 2014". *Transport statistics*. London. TSO

DGT. (2010). *Siniestralidad Vial*. Madrid: DGT, Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

DGT. (2016): "Anuario estadístico General". Año 2016.

Dirksen, J. (2017) *“Expert Data Visualization. Breathe life into your data by learning how to use D3.js V4 to visualize information”*. Packt Publishing Ltd., Birmingham.

Elliott, M. A., Baughan, C. J. y Sexton, B. F. (2007). *“Errors and violations in relation to motorcyclists’ crash risk”*. *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 491-499.

ESMAP/World Bank (2003): *“Thailand. Reducing Emissions from Motorcycles in Bangkok”*. The International Bank for Reconstruction and Development/THE World Bank. USA. World Bank Energy Sector Management Assistance and UNDP (United Nations Development Programme)

Estevan, A. (junio / 2001). *Los accidentes de automóvil: una matanza calculada. Consultat el 2013, a Ciudades para un futuro sostenible:* <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n19/aaest2.html>

ETSC: European Transport Safety Council. (2007): *Road Safety Performance Index (PIN), PIN Flash 7 – Reducing Motorcyclist Deaths in Europe*.

EUROSTAT (2014): *“European Commission Data Base Passenger cars per 1.000 inhabitants”* Code: *road_eqs_carhab*. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/ROAD_EQS_CARHAB

EUROSTAT (2014): *“Volume of Passenger transport relative to GDP (2011)”*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_domestic_product_\(GDP\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_domestic_product_(GDP))

Fisher, D. y Meyer, M. (2018): *“Making Data Visual. A practical guide to using visualization for Insight”*. O’Reilly Media.

Frame, G. (1999). *Traffic Management and Road Safety in World Bank Projects in Chinese Cities: A Review*. Washington, DC: Banco Mundial.

Fujita, M. (1998) *“Industrial Policies and Trade Liberalization-The Automotive Industry in Thailand and Malaysia”*. *The Deepening Economic Interdependence in the APEC Region*. Tokyo: APEC Study Center, Institute of Developing Economies, 149-187.

Gakenheimer, R. (1999): *“Urban mobility in the developing world”*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33(7-8), 671-689.

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). *Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. Investigación En Educación Médica*, 2(8), 217–224. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72715-7)

GHSa (2011). *“Motorcyclist Traffic Fatalities by State”*. Washington DC. Governors Highway Safety Association. <http://exchange.aaa.com/wp-content/uploads/2012/07/Motorcycle-Fatalities-by-State.pdf>

Haddon, W. (1980). *Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. Public Health Reports*, 411-421.

Harré, N. (2000): "Risk evaluation, driving, and adolescents: a typology". *Developmental Review*, 2000, 20 (2), 206-226.

Haworth, N. L. (2012): "Powered two wheelers in a changing world-Challenges and opportunities". *Accident Analysis y Prevention*, 44 (1), 12-18.

Haworth, N. L. y Rowden, P. J. (2006). "Investigation of fatigue related motorcycle crashes- literature review". (RSD0261). Report VicRoads.

Haworth, N. L.; Greig, K. y Nielson, Angela (2009): "Comparison of risk taking in moped and motorcycle crashes". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2140, 182-187.

Holzappel, H. (1997). *Autonomie statt Auto - Zum Verhältnis von Lebensstil, Umwelt und Ökonomie am Beispiel des Verkehrs*. Bonn: Economica Verlag GmbH.

Horswill, M. S., Waylen, A. E. y Tofield, M. I. (2002). "Drivers' Illusion of Superiority for Hazard Perception and Vehicle Control Skill". In *Behavioural Research in Road Safety: 12th Annual Seminar Proceedings*, 234-238.

Jamson, S. y Chorlton, K. (2004). "Differences between London motorcyclists and those from the rest of the UK". Institute for Transport Studies, University of Leeds.

Jamson, S. y Chorlton, K., (2009): "The changing nature of motorcycling: Patterns of use and rider characteristics". *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12 (4), 335-346.

Johnson, P., Brooks, C. y Savage, H. (2008): "Fatal and serious road crashes involving motorcyclists". *Research and Analysis Report, Road Safety Research and Analysis Report. Monograph 20. Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government, Canberra, 2008*.

Kitano, Taiju. (2011): "Did temporary protection induce technology adoption?" A study of the US motorcycle industry. Mimeo.

Kleinmesselink, Randall R. y Rosa, Eugene A. (1991): "Cognitive representation of risk perceptions a comparison of Japan and the United States". *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 22 (1), 11-28.

Kopits, E. y Cropper, M. (2005). "Traffic fatalities and economic growth". *Accident Analysis and Prevention*, 37, 169-178.

Kopp, P. (2011). "The unpredicted rise of motorcycles: A cost benefit analysis". *Transport policy*, 18 (4), 613-622.

Kumar, A. (2011): "Understanding the emerging role of motorcycles in African cities". A political economy perspective. *SSATP Discussion paper nº. 13. Sub-Saharan Africa Transport Policy Program*.

La Torre, A.; Rincón, D. y Arnal, J. (2003) *Bases Metodológicas de la Investigación Educativa*. Barcelona: Experiencia S.L., p. 82.

Lwanga, Stephen Kaggwa, Lemeshow, Stanley & World Health Organization. (1991). *Sample size determination in health studies : a practical manual* / S. K. Lwanga and S. Lemeshow.

Lynch, G., y Atkins, S. (1988): "The influence of personal security fears on women's travel patterns". *Transportation*, 15(3), 257-277.

Massie, D. L., Green, P. E. y Campbell, K. L. (1997). "Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage". *Accident Analysis & Prevention*, 29(5), 675- 685.

McCartt, A. T., Blunar, L., Teoh, E. R., y Strouse, L. M. (2011): "Overview of motorcycling in the United States: a national telephone survey". *Journal of Safety Research*, 42(3), 177-184.

MCIA (2012). "Statistics 2012. General Reporting". *Motorcycle Industry Association*.

Mohan, D. (2002). "Traffic safety and health in Indian cities". *Journal of Transport and Infrastructure*, 9(1), 79-94.

Morales, P. V. (2012). *Tamaño necesario de la muestra : ¿ Cuántos sujetos necesitamos ? Estadística Aplicada a Las Ciencias Sociales*, 20. Retrieved from <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>

Moskal, A. (2009). "Epidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés". *Tesis Doctoral. Université Claude Bernard-Lyon I*.

NHTSA. National Center for Statistics and Analysis (2013): "Traffic Safety Facts 211 Data: Motorcycles" DOT HS 811 765 May 2013. Washington, DC.

Nogareda Cuixart, S (coord) y otros (1994): "Ergonomia" *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*.

Noordzij, P., Forke, E., Brendicke, R. y Chinn, B. (2001). "Integration of needs of moped and motorcycle riders into safety measures". *Liedschendam: SWOV Institute for Road Safety Research*.

OCDE- OECD (2014): "Balancing paid work, unpaid work and leisure. Time use across the world- Time spent in unpaid work and leisure" *OECD based on data from National Time Use Surveys. OECD Publishing*.

OCDE-OECD (2014): "Time spent in unpaid work and leisure" *OECD Publishing*. <http://www.oecd.org/gender/balancing-paid-work-unpaid-work-and-leisure.htm>

OCDE-OECD (2014): "Time use across the world" *Based on data from National Time Use Surveys. OECD Publishing*. https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=TIME_USE

OECD (2014): "Balancing paid work, unpaid work and leisure. Time use across the world- Time spent in unpaid work and leisure" *OECD based on data from National Time Use Surveys. OECD Publishing*. https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=TIME_USE

OECD/ITF (2015): "Improving Safety for Motorcycle, Scooter and Moped Riders". ITF Research Reportsview. OECD Publishing. Paris.

OEP-ESTT. (2011). *Las consecuencias del accidente. Consecuencias económicas y sociales. Las víctimas Conceptos y tipologías de víctimas*. Grupo de Materias Generales.

Ogston, S. A., Lemeshow, S., Hosmer, D. W., Klar, J., & Lwanga, S. K. (1991). Adequacy of Sample Size in Health Studies. *Biometrics*, 47(1), 347. <https://doi.org/10.2307/2532527>

OMS. (2004). *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. Washington, D.C.: Publicación Científica y Técnica No. 599.

ONISR (2012): "La sécurité routière en France Bilan de l'accidentalité de l'année 2012". *issus des Bulletins d'analyse des accidents corporels – Baac*. Paris

Ooi, Y. Y. y Venkataraman, C. (2008): "Two Wheels and Rationality?". *Deakin Papers en International Business Economics*, 2008, 1 (2), 16-24.

Patten, M. L., y Newhart, M. (1997). "Understanding research methods: An overview of the essentials". Taylor & Francis (10ª edición). Ed. Pyrczak 1997 (1ª Edición)

Paulozzi, L. J. (2005). "United States pedestrian fatality rates by vehicle type". *Injury prevention*, 11(4), 232-236.

Pérez Diez, F. "Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona". *Tesi doctoral, UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona*, 2019. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/132770>>

Popper, K. (1934): "La logica de la investigacion cientifica", Ed. Tecnos, edición.1973.

RACC (2009): "Seguridad de los PTW a motor en Barcelona". *Real Automòvil Club de Catalunya*. Fundació RACC.

RACC-HONDA (2013): "Encuesta sobre la accidentalidad de los motociclistas". *Real Automòvil Club de Catalunya*. Fundació RACC.

Rand, J. P. (2011). "Leisurely Motorcycle Riding: A Phenomenological study of the psychology of leisurely motorcycle riding". Seattle, WA: Peak-Publishing.

Rheinberg, F., Dirksen, U. y Nagels, E. (1986). "Motivationsanalysen zu verschieden riskantem Motorradfahren". *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 32(2).

Rizzi, M., Strandroth, J. y Tingvall, C. (2009). "The effectiveness of antilock brake systems on motorcycles in reducing real-life crashes and injuries". *Traffic injury prevention*, 10(5), 479- 487.

Robertson, S. y Porter, J. M. (1987). "Motorcycle ergonomics: an exploratory study".

Rogers, N. (2008). "Trends in motorcycles fleet worldwide". *Presentation to Joint OECD/ITF Transport Research Committee Workshop on Motorcycling Safety*.

Roma Capitale (2011). "Roma statistica". Ufficio Statistica e Comunicazione. https://www.comune.roma.it/pcr/it/rag_gen_stat.page

Schembri, S. (2009). "Reframing brand experience: The experiential meaning of Harley-Davidson". *Journal of Business Research*, 62(12), 1299-1310.

Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., y Cook, S. W. (1959). "Research methods in social relations" (No. H62 R45 1959).

Slovic, P. (1987): "Perception of Risk", *Science*, 236(4799), 280-285.

SOES (2013): "Les deux-roues motorisés au 1er janvier 2012. Chiffres et Statistiques ». Commissariat Général au Développement Durable, Service de l'Observation et des Statistiques n° 400", Paris.

Soniak, M. (6 / Diciembre / 2012). When and Where Was the First Car Accident? Recollit de Mental Floss: <http://mentalfloss.com/article/31807/when-and-where-was-first-car-accident>

Svenson, O. (1981): "Are we less risky and more skilful than our fellow drivers?". *Acta Psychologica*, 47, 143-148.

Tanner, J.C. (1983): "International comparisons of cars and car usage". Monograph. Transport and Road Research Laboratory. n°. LR 1070

TomTom (2015): "TomTom European Congestion Index 2015". http://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list

Tukey, J. W. (1977). "Exploratory data analysis" (Vol. 2). Reading, MA: Addison-Wesley.

UPC. (2009). Factores causantes de los accidentes. Barcelona.

UPC. (2009). Historia de la accidentalidad en nuestro planeta. Barcelona: Portal d'accés obert al coneixement de la UPC.

Van Beeck, E. F., Borsboom, G. J., & Mackenbach, J. P. (2000).: "Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962-1990". *International Journal of Epidemiology*, 2000, 29 (3), 503-509.

Vial, O. N. (2005). Las principales cifras de la siniestralidad vial. España: DGT.

Watson, B. C., Tunnicliff, D. J., White, K. M., Schonfeld, C. C. y Wishart, D. E. (2007). "Psychological and social factors influencing, motorcycle rider intentions and behavior". Centre for Accident Research and Road Safety (CARRS-Q). Queensland University of Technology.

Yates, J. F. y Stone, E..R. (1992): "The risk construct". En J.F. Yates (Ed.), "Risk-taking behavior". Chichester: John Wiley y Sons.

11 Anexos

11.1 Tabla de distribución normal

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

$$P(Z \leq z) = F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

